



TESIS- RE142541

**STUDI PENGARUH KUALITAS AIR TERHADAP
KETERSEDIAAN OKSIGEN TERLARUT
(*DISSOLVED OXYGEN*) DI SEGMENT SUNGAI
BRANTAS DENGAN PENDEKATAN MODEL
DINAMIS**

**AYU RATRI WIJAYANING HAKIM
3314201026**

**DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem M.Sc.**

**PROGRAM MAGISTER
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



THESES- RE142541

STUDY OF WATER QUALITY EFFECTING TO DISSOLVED OXYGEN CONCENTRATION BY DYNAMIC MODEL SIMULATION IN BRANTAS RIVER SEGMENT

**AYU RATRI WIJAYANING HAKIM
3314201026**

**PROMOTOR
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem M.Sc.**

**MAGISTER PROGRAMM
ENVIRONMENTAL ENGINEERING DEPARTEMENT
CIVIL AND PLANNING FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

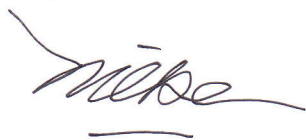
Ayu Ratri Wijayaning Hakim

NRP. 3314 201 026

Tanggal Ujian : 27 Juni 2016

Periode Wisuda : September 2016

Disetujui Oleh :



**1. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.
NIP. 195501281985032001**

(Pembimbing)



**2. Prof. Ir. Wahyono Hadi., M.Sc, PhD
NIP. 19500114 1979031001**

(Penguji)



**3. Dr. Ir. M. Razif, M.M.
NIP . 195305021981031004**

(Penguji)



**4. Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T.
NIP . 19680128 1994031003**

(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana,

**Prof. Ir. Djauhar Manfaat, MSc., PhD
NIP. 196012021987011001**

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada ALLAH SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya lah penulis dapat menyelesaikan Tesis “Studi Pengaruh Kualitas Air Terhadap Ketersediaan Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen*) di Segmen Sungai Brantas dengan Pendekatan Model Dinamis” ini dengan baik. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih atas segala bantuan, bimbingan, dan dukungan baik secara moral maupun material selama penyusunan Laporan Tesis ini kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc. selaku dosen pembimbing penelitian tesis atas semua bimbingan dan arahan yang telah diberikan.
2. Keluarga, terutama kedua orang tua hebat (mami dan alm.papi) dan suami M. Yunan Fahmi yang selalu memberikan dukungan dan motivasi dalam penyelesaian studi magister.
3. Ibu Evy Hendriarianti ST, MT. yang telah memberikan kesempatan untuk ikut belajar dalam penelitian beliau dan memberikan banyak bimbingan pada penelitian tesis.
4. Teman-teman Magister Teknik Lingkungan 2014, terutama Fina Benazir M. dan Edya Pitoyo yang selalu membantu dan mendukung dalam penelitian tesis.
5. Dan pihak-pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dan mendukung sehingga tesis ini dapat selesai.

Dalam penulisan laporan tesis ini penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan, hal ini tidak lepas dari keterbatasan manusia. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan penulisan laporan tesis ini. Pada akhirnya penulis berharap semoga laporan tesis ini dapat bermanfaat.

Surabaya, Juli 2016

Penulis

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

ABSTRAK

Konsentrasi minimum *Dissolved Oxygen* (DO) agar makhluk hidup akuatik dapat bertahan hidup adalah 3-4 mg/L dan konsentrasi optimal adalah sebesar 5-7 mg/L. Konsentrasi DO dipengaruhi proses reaerasi atmosfer dan fotosintesis alga yang menghasilkan DO, sedangkan proses yang membutuhkan DO adalah deoksigenasi, oksidasi NH_3 , oksidasi NO_2 , respirasi alga, dan degradasi *Sediment Oxygen Demand* (SOD). Pemodelan dilakukan dengan menggunakan *software Stella* 9.1.3. Kalibrasi model dilakukan dengan mencocokkan nilai laju reaerasi dan konsentrasi oksigen alga sehingga didapatkan konsentrasi DO model sesuai dengan konsentrasi DO data. Rentang laju reaerasi berkisar antara 0,8/hari-2,7/hari dan konsentrasi oksigen alga berkisar antara 0,7/hari -6,95/hari. Model divalidasi dengan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil validasi mendapatkan hasil perhitungan MAPE berkisar antara 3,157%-6,152%. Setelah itu model disimulasi dengan 3 skenario yaitu skenario 1 yaitu model disimulasi dengan menggunakan laju reaerasi minimal, skenario 2 dengan kondisi konsentrasi oksigen alga minimal, dan skenario 3 dengan kondisi skenario 1 dan 2 terjadi bersamaan. Hasil dari studi ini adalah konsentrasi DO sungai sebelum adanya pembuangan efluen IPAL pada semua titik sesuai baku mutu yaitu berkisar antara 4 mg/l- 8,2 mg/l yang mana konsentrasi DO pada musim kemarau lebih rendah dari musim penghujan, sedangkan kualitas air setelah outlet IPAL mengalami penurunan pada musim kemarau di titik 1,2,3,4,7, dan 8 karena besarnya kandungan zat pencemar dalam air dan mengalami peningkatan di titik 5 dan 6 karena intensitas cahaya matahari lebih tinggi sehingga DO akibat proses fotosintesis alga menjadi lebih tinggi. Konsentrasi DO optimal dari hasil simulasi model dinamis berkisar antara 3,22 mg/l-4,96 mg/l, menunjukkan sungai dapat mempertahankan konsentrasi DO dengan aerasi atau produksi oksigen dari fotosintesis alga yang minimal dan sungai tidak dapat mempertahankan konsentrasi DO pada musim kemarau bila terjadi reaerasi dan fotosintesis minimal secara bersamaan.

Kata kunci: *dissolved oxygen* (DO), pemodelan kualitas air, model dinamis sungai

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

ABSTRACT

The minimum concentration of Dissolved Oxygen (DO) that can support aquatic life is around 3-4 mg/L and the optimum concentration is around 5-7 mg/L. DO concentration is affected by reaeration and algae photosynthesis process that produces DO, therefore the processes that consumes DO are deoxygenation, oxydation of NH_3 , oxydation of NO_2 , algae respiration, and degradation of Sediment Oxygen Demand (SOD). The software that using in modelling is Stella 9.1.3. The parameters that used in model calibration are reaeration rate and algae oxygen concentration, those suitable values of the parameters are compared with secondary data. The suitable reaeration rate value is around 0,8/day-2,7/day and the algae oxygen concentration is around 0,7/day -6,95/day. The model validation is using Mean Absolute Percentage Error (MAPE) method. MAPE measurement get the MAPE value is around 3,157%-6,152%. Then the model was simulated with 3 scenarios, those are scenario 1 simulated with minimum reaeration rate, scenario 2 simulated with minimum algae oxygen concentration, and scenario 3 simulated with condition in scenario 1 and 2 happened in same time. The result of this study are DO concentration before WWTP outlet are above the standard that around 4 mg/l- 8,2 mg/l, which the concentration in dry season is lower than the rainy season, therefore the DO concentration after WWTP outlet are decreased in dry season at point 1,2,3,4,7, and 8 caused of the high pollutant concentration and increased at point 5 and 6 caused of the high sun intensity made the photosintesis process is higher. The optimum DO concentration based on the simulation is around 3,22 mg/l-4,96 mg/l, it showed that the stream can defend the DO concentration in minimum aeration or minimum algae oxygen condition, but stream can't defend the DO concentration if those condition happened in same time.

Keywords: dissolved oxygen (DO), water quality modelling, stream dynamic model

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	I – 1
1.1 Latar Belakang	I – 1
1.2 Rumusan Masalah	I – 2
1.3 Tujuan	I – 3
1.4 Manfaat	I – 3
1.5 Ruang Lingkup	I – 3
1.2 Rumusan Masalah	I – 3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	II – 1
2.1 Kinetika DO Sungai	II – 1
2.1.1 Laju Deoksigenasi Karbon	II – 2
2.1.2 Proses Oksidasi Amonia-N dan Oksidasi Nitrat-N	II – 3
2.1.3 Proses Oksidasi Sedimen	II – 3
2.1.4 Proses Respirasi dan Fotosintesa Alga	II – 5
2.1.5 Proses Reaerasi Atmosfer	II – 6
2.2 Model Sistem Dinamik	II – 8
2.3 Gambaran Umum Wilayah Studi	II – 9
2.3.1 Geomorfologi Sungai Brantas	II – 9
2.3.2 Hidrodinamika Sungai Brantas	II – 11
2.3.3 Potensi Sumber Daya Air Sungai Brantas	II – 14
2.3.4 Pencemaran Lingkungan	II – 16
BAB 3 METODE PENELITIAN	III – 1
3.1 Umum	III – 1

3.2 Kerangka Penelitian	III – 1
3.3 Tahapan Penelitian	III – 3
3.3.1 Ide Penelitian	III – 4
3.3.2 Pengambilan Data Faktor Kinetika DO Sungai Penerima	III – 4
3.3.3 Strukturisasi dan Formulasi Model	III – 6
3.4 Analisis dan Pembahasan	III – 7
3.5 Penarikan Kesimpulan dan Saran	III – 7
BAB 4 PEMBAHASAN	IV – 1
4.1 Hasil pengamatan lapangan dan analisis kualitas air	IV – 1
4.1.1 Titik 1: Segmen Sungai IPAL Tlogomas 1	IV – 2
4.1.2 Titik 2: Segmen Sungai IPAL Tlogomas 2	IV – 5
4.1.3 Titik 3: Segmen Sungai IPAL Oro-orodowo	IV – 7
4.1.4 Titik 4: Segmen Sungai IPAL Jodipan	IV – 9
4.1.5 Titik 5: Segmen Sungai IPAL Kota Lama	IV – 12
4.1.6 Titik 6: Segmen Sungai IPAL Mergosono 1	IV – 15
4.1.7 Titik 7: Segmen Sungai IPAL Mergosono 2	IV – 16
4.1.8 Titik 8: Segmen Sungai IPAL Gadang	IV – 19
4.2 Hasil pemodelan kualitas air	IV – 21
4.2.1 Formulasi dan strukturisasi model dinamis DO	IV – 21
4.2.2 Kalibrasi model dinamis DO	IV – 22
4.2.3 Hasil simulasi dan validasi model dinamis DO	IV – 23
4.3 Skenario model dinamis DO	IV – 34
4.3.1 Skenario simulasi model dinamis DO	IV – 34
4.3.2 Hasil simulasi model dinamis DO sesuai skenario	IV – 35
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	V – 1
DAFTAR PUSTAKA	xiii
LAMPIRAN 1 DATA INPUT MODEL DINAMIS DO	
LAMPIRAN 2 DATA SEKUNDER	
LAMPIRAN 3 LEMBAR ASISTENSI & BERITA ACARA SIDANG	
RIWAYAT HIDUP PENULIS	xvii

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai K2 pada Berbagai Jenis Badan Air	II – 7
Tabel 3.1 Jenis Data Variabel yang Mempengaruhi Kinetika DO	III – 6
Tabel 3.2 Hubungan model dinamis dan formulasinya	III – 8
Tabel 4.1 Hasil Analisis Kualitas Air Sungai di Titik 1	IV – 4
Tabel 4.2 Hasil Analisis Kualitas Air Sungai di Titik 2	IV – 7
Tabel 4.3 Hasil Analisis Kualitas Air Sungai di Titik 3	IV – 9
Tabel 4.4 Hasil Analisis Kualitas Air Sungai di Titik 4	IV – 11
Tabel 4.5 Hasil Analisis Kualitas Air Sungai di Titik 5	IV – 14
Tabel 4.6 Hasil Analisis Kualitas Air Sungai di Titik 6	IV – 16
Tabel 4.7 Hasil Analisis Kualitas Air Sungai di Titik 7	IV – 18
Tabel 4.8 Hasil Analisis Kualitas Air Sungai di Titik 8	IV – 20
Tabel 4.9 Hasil Validasi Model Dinamis DO pada Lokasi 1	IV – 24
Tabel 4.10 Hasil Validasi Model Dinamis DO pada Lokasi 2	IV – 26
Tabel 4.11 Hasil Validasi Model Dinamis DO pada Lokasi 3	IV – 28
Tabel 4.12 Hasil Validasi Model Dinamis DO pada Lokasi 4	IV – 30
Tabel 4.13 Hasil Validasi Model Dinamis DO pada Lokasi 5	IV – 32
Tabel 4.14 Hasil Validasi Model Dinamis DO pada Lokasi 6	IV – 34
Tabel 4.15 Hasil Validasi Model Dinamis DO pada Lokasi 7	IV – 36
Tabel 4.16 Hasil Validasi Model Dinamis DO pada Lokasi 8	IV – 37
Tabel 4.17 Hasil Simulasi Model Dinamis DO dengan Skenario Titik 1	IV – 39
Tabel 4.18 Hasil Simulasi Model Dinamis DO dengan Skenario Titik 2	IV – 40
Tabel 4.19 Hasil Simulasi Model Dinamis DO dengan Skenario Titik 3	IV – 42
Tabel 4.20 Hasil Simulasi Model Dinamis DO dengan Skenario Titik 4	IV – 43
Tabel 4.21 Hasil Simulasi Model Dinamis DO dengan Skenario Titik 5	IV – 44
Tabel 4.22 Hasil Simulasi Model Dinamis DO dengan Skenario Titik 6	IV – 46
Tabel 4.23 Hasil Simulasi Model Dinamis DO dengan Skenario Titik 7	IV – 47
Tabel 4.24 Hasil Simulasi Model Dinamis DO dengan Skenario Titik 8	IV – 48

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kinetika DO Sungai	II – 1
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian	III – 3
Gambar 3.2 Peta Lokasi <i>Sampling</i>	III – 5
Gambar 3.3 Struktur Model Kinetika DO Sungai	III – 6
Gambar 4.1 Ilustrasi Segmen Sungai yang Diamati	IV – 1
Gambar 4.2 Lokasi Sampling Titik 1 pada Sampling Kesatu	IV – 3
Gambar 4.3 Lokasi Sampling Titik 1 pada Sampling Kedua	IV – 3
Gambar 4.4 Kondisi di Sekitar Lokasi Sampling Titik 1	IV – 4
Gambar 4.5 Lokasi Sampling Titik 2 pada Sampling Kesatu	IV – 6
Gambar 4.6 Lokasi Sampling Titik 2 pada Sampling Kedua	IV – 6
Gambar 4.7 Lokasi Sampling Titik 3 pada Sampling Kesatu	IV – 8
Gambar 4.8 Lokasi Sampling Titik 3 pada Sampling Kedua	IV – 8
Gambar 4.9 Lokasi Sampling Titik 4 pada Sampling Kesatu	IV – 10
Gambar 4.10 Lokasi Sampling Titik 4 pada Sampling Kedua	IV – 10
Gambar 4.11 Kondisi di Sekitar Lokasi Sampling Titik 4	IV – 11
Gambar 4.12 Lokasi Sampling Titik 5 pada Sampling Kesatu	IV – 13
Gambar 4.13 Lokasi Sampling Titik 5 pada Sampling Kedua	IV – 13
Gambar 4.14 Kondisi di Sekitar Lokasi Sampling Titik 5	IV – 14
Gambar 4.15 Lokasi Sampling Titik 6 pada Sampling Kesatu	IV – 15
Gambar 4.16 Lokasi Sampling Titik 7 pada Sampling Kedua	IV – 17
Gambar 4.17 Kondisi di Sekitar Lokasi Sampling Titik 7	IV – 17
Gambar 4.18 Lokasi Sampling Titik 8 pada Sampling Kedua	IV – 19
Gambar 4.19 Kondisi di Sekitar Lokasi Sampling Titik 8	IV – 20
Gambar 4.20 Struktur Model Dinamis DO	IV – 22
Gambar 4.21 Hasil Simulasi Model Dinamis DO pada Lokasi 1	IV – 24
Gambar 4.22 Hasil Simulasi Model Dinamis DO pada Lokasi 2	IV – 26
Gambar 4.23 Hasil Simulasi Model Dinamis DO pada Lokasi 3	IV – 28
Gambar 4.24 Hasil Simulasi Model Dinamis DO pada Lokasi 4	IV – 29
Gambar 4.25 Hasil Simulasi Model Dinamis DO pada Lokasi 5	IV – 32

Gambar 4.26 Hasil Simulasi Model Dinamis DO pada Lokasi 6	IV – 33
Gambar 4.27 Hasil Simulasi Model Dinamis DO pada Lokasi 7	IV – 35
Gambar 4.28 Hasil Simulasi Model Dinamis DO pada Lokasi 8	IV – 37
Gambar 4.29 Grafik Perbandingan Konsentrasi DO di Titik 1	IV – 40
Gambar 4.30 Grafik Perbandingan Konsentrasi DO di Titik 2	IV – 41
Gambar 4.31 Grafik Perbandingan Konsentrasi DO di Titik 3	IV – 42
Gambar 4.32 Grafik Perbandingan Konsentrasi DO di Titik 4	IV – 44
Gambar 4.33 Grafik Perbandingan Konsentrasi DO di Titik 5	IV – 45
Gambar 4.34 Grafik Perbandingan Konsentrasi DO di Titik 6	IV – 46
Gambar 4.35 Grafik Perbandingan Konsentrasi DO di Titik 7	IV – 48
Gambar 4.36 Grafik Perbandingan Konsentrasi DO di Titik 8	IV – 49

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemerintah Kota Malang telah melakukan kebijakan dalam bidang sanitasi masyarakat berupa pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik secara terpadu dengan IPAL komunal. IPAL komunal tersebut menghasilkan efluen yang dibuang di sepanjang aliran Sungai Brantas. Pembuangan efluen ini mengakibatkan penurunan kualitas air Sungai Brantas terutama untuk parameter *Dissolved Oxygen* (DO). Hasil analisis kualitas air anak sungai Brantas untuk parameter DO pada lokasi pembuangan efluen IPAL Mergosono menunjukkan konsentrasi sebesar 2 mg/L pada bulan Juli; 1,8 mg/L pada bulan Agustus dan 1,85 mg/L pada bulan September (BLH Kota Malang, 2011). Hasil ini menunjukkan penurunan nilai DO pada badan air setelah titik buang efluen IPAL komunal Mergosono. Hal ini dapat diketahui karena konsentrasi awal DO, pada lokasi sebelum titik pembuangan efluen di sungai Brantas, menunjukkan nilai yang lebih besar yaitu sebesar 2,3 mg/L pada bulan Juli, 2,0 mg/L pada bulan Agustus dan 2,1 mg/L pada bulan September. Penurunan nilai DO disebabkan terjadinya *mixing* air Sungai Brantas dengan efluen IPAL komunal Mergosono yang mengandung *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) sebesar 92 mg/l dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 192 mg/l (Laporan Rencana Induk Air Limbah Kota Malang, 2011).

Parameter DO merupakan parameter penting dalam menentukan kualitas badan air karena merupakan komponen yang menunjang kemampuan hidup makhluk hidup akuatik. Konsentrasi minimum DO adalah 3-4 mg/L dan konsentrasi optimal adalah sebesar 5-7 mg/L yang digunakan untuk menunjang aktivitas respirasi algae dan proses oksidasi biokimia (Palmer, 2001). Kinetika DO dalam badan air alami merupakan proses yang kompleks. Sumber DO berasal dari suplai eksternal, fotosintesis dan reaerasi permukaan. Pada kinetika tersebut juga terjadi penggunaan DO yaitu untuk penguraian bahan organik terlarut (BOD dan COD) maupun pada *Sediment Oxygen Demand* (SOD), respirasi makhluk

hidup akuatik, serta proses nitrifikasi. Sebagian besar proses ini terjadi secara biologis dan terjadi lebih dari satu periode waktu.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan model yang menghubungkan kualitas air sungai dengan sumber polutannya melalui proses fisik dan biokimia. Pada penelitian sebelumnya, model dinamis DO air sungai hanya terdiri dari proses fisik dan biokimia saja tanpa pengaruh sumber polutan (Venkiteswaran, 2007; Mandal 2012; Prasad, 2014). Sementara itu, model dinamis pengelolaan lingkungan air yang dilakukan oleh Xiang (2014) telah memasukkan variabel sosial ekonomi dan aliran air limbah untuk memprediksi *effluent reuse*. Kekurangan model ini adalah hanya terbatas pada sistem pengelolaan air limbah dan air sungai. Pada penelitian ini, model yang dibuat merupakan pendekatan sistem kinetika DO sungai penerima efluen IPAL dengan model simulasi kualitas air.

Simulasi DO sungai memerlukan data hidrogeometri dan kualitas air berupa data aliran efluen, konsentrasi BOD, dan konsentrasi COD. Simulasi DO sungai dapat menghasilkan rate proses kinetika oksigen terlarut sungai untuk digunakan dalam model dinamis DO sungai. Model dinamis dan simulasi DO sungai dapat menjadi alat dalam penentuan kebijakan pembuangan efluen pada sungai.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian permasalahan penurunan kualitas air Sungai akibat efluen IPAL komunal, maka dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimanakah konsentrasi DO sungai sebelum adanya pembuangan efluen IPAL komunal?
- b. Berapakah besar penurunan konsentrasi DO dan apa saja faktor yang mempengaruhi kinetika konsentrasi DO?
- c. Berapakah konsentrasi DO optimal berdasarkan model dinamis DO sungai?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Menganalisis konsentrasi DO sungai sebelum adanya pembuangan efluen IPAL komunal.
- b. Menganalisis besarnya penurunan konsentrasi DO dan menganalisis faktor yang mempengaruhi kinetika konsentrasi DO.
- c. Menganalisis konsentrasi DO optimal berdasarkan model dinamis DO sungai.

d. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- a. Menjadi acuan penghitungan daya dukung sungai dengan metode pemodelan sistem dinamis.
- b. Meminimalkan resiko penurunan DO sungai dari pembuangan efluen IPAL domestik.
- c. Memastikan ketersediaan DO untuk proses deoksigenasi bahan organik.
- d. Memberikan solusi optimal melalui pendekatan model optimisasi sebagai salah satu upaya pengendalian kualitas air limbah domestik dan air sungai di Indonesia.

e. Ruang Lingkup

Penelitian ini memiliki ruang lingkup sebagai batasan dalam penelitian, yaitu:

- a) Objek pada penelitian ini adalah segmen sungai Brantas di Kota Malang yang merupakan badan air penerima efluen IPAL Komunal.
- b) Segmen sungai yang menjadi wilayah studi adalah:
 1. Segmen Sungai Brantas di IPAL Tlogomas 1
 2. Segmen Sungai Brantas di IPAL Tlogomas 2
 3. Segmen Sungai Brantas di IPAL Oro-orodowo
 4. Segmen Sungai Brantas di IPAL Jodipan
 5. Segmen Sungai Brantas di IPAL Kota Lama
 6. Segmen Sungai Brantas di IPAL Mergosono 1

7. Segmen Sungai Brantas di IPAL Mergosono 2

8. Segmen Sungai Brantas di IPAL Gadang

c) Parameter yang diukur pada penelitian ini adalah konsentrasi DO sungai, konsentrasi BOD sungai, konsentrasi NH_3 dan NO_2 sungai dan pengukuran laju oksidasi NH_3 dan NO_2 sungai.

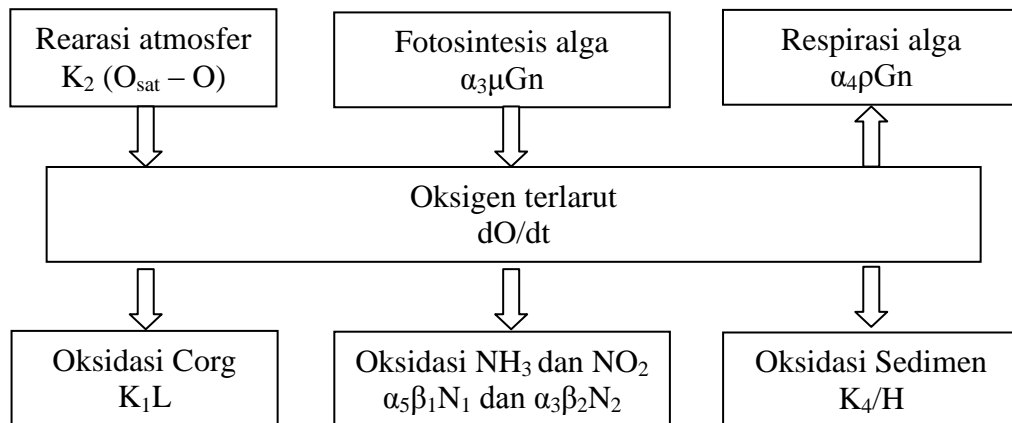
d) Parameter yang akan dikalibrasi pada studi permodelan ini adalah konsentrasi oksigen yang diproduksi oleh alga dan laju reaerasi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kinetika DO Sungai

Oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO) merupakan komponen penting dalam menunjang proses biotik dan abiotik dalam badan air. Selain menyediakan oksigen untuk respirasi makhluk hidup akuatik, DO juga berperan dalam penguraian zat pencemar dalam air. Degradasi zat pencemar tersebut terdapat dalam beberapa proses yang mana sangat berpengaruh pada ketersediaan DO dalam badan air. Proses pengambilan dan produksi DO dalam badan air dapat diketahui dari kinetika DO yang mana terdiri dari proses reaerasi atmosfer, fotosintesis alga, respirasi alga, oksidasi C organik (deoksigenasi), oksidasi NH_3 , oksidasi NO_2 , dan oksidasi sedimen. Proses kinetika DO sungai dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Kinetika DO Sungai

Berdasarkan gambar di atas, proses kinetika DO sungai dapat diformulasikan sebagai berikut.

$$\frac{dO}{dt} = K_2(O_{sat} - O) + (\alpha_3\mu - \alpha_4\rho)Gn - K_1L - \frac{K_4}{H} - \alpha_5\beta_1N_1 - \alpha_5\beta_2N_2 \dots \text{Persamaan (1)}$$

dimana:

α_3 = *rate* produksi oksigen dari fotosintesis alga

α_4 = *rate* pengambilan oksigen untuk respirasi alga

α_5 = *rate* pengambilan oksigen untuk oksidasi NH_3

α_6 = *rate* pengambilan oksigen untuk oksidasi NO_2

μ = *rate* pertumbuhan alga

ρ = *rate* respirasi alga

Gn = konsentrasi biomassa alga

H = kedalaman

L = konsentrasi akhir BODn

K_1 = *rate* deoksigenasi BOD

K_2 = *rate* reaerasi

K_4 = SOD

β_1 = koefisien *rate* oksidasi amoniak

β_2 = koefisien *rate* oksidasi nitrit

Produksi atau penambahan DO terjadi pada proses reaerasi atmosfer dan fotosintesis alga, sedangkan pengambilan DO terjadi pada proses oksidasi C organik (deoksigenasi), oksidasi NH_3 , oksidasi NO_2 , dan oksidasi sedimen. Nilai laju (*rate*) proses menentukan kuantitas peningkatan dan penurunan DO. Beberapa nilai laju proses kinetika DO dari penelitian diuraikan dibawah ini.

2.1.1 Laju deoksigenasi karbon

Angka konstanta kecepatan dekomposisi (kd) menunjukkan besarnya laju penguraian bahan organik oleh mikroorganisme aerob dalam perairan. Pada penerapannya di lapangan, nilai kd laboratorium dapat dijadikan acuan sebagai pendekatan awal meskipun proses dekomposisi keduanya berbeda. Pada kondisi tertentu, nilai kd perairan bisa lebih besar karena adanya faktor pengendapan dan efek sedimen (Chin, 2012). Dari hasil studi literatur pada sungai dengan karakteristik yang sama dengan Sungai Brantas yaitu Sungai Ciliwung dan Citarum, kisaran kd di sepanjang Sungai Ciliwung diketahui bervariasi antara 0.286-0.429/hari pada bulan Maret dan 0.309-0.499/hari pada bulan April 2006

dan kd Sungai Citarum sebesar 0,169861-0,482337/hari (Harsono, 2010). Pada penelitian ini akan dilakukan penelitian untuk menentukan laju deoksigenasi pada obyek sungai yang dimodelkan. Laju deoksigenasi didapatkan dari analisis data penurunan konsentrasi BOD yang dilakukan di laboratorium.

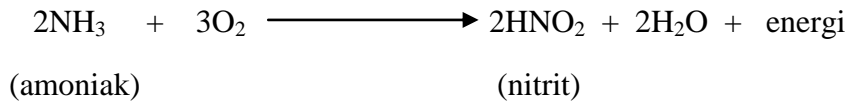
2.1.2 Proses oksidasi amonia-N dan nitrat-N

Nitrogen di perairan tidak berupa gas, melainkan dalam bentuk organik dan anorganik (Effendi, 2003). Nitrogen anorganik terdiri atas Amonia (NH_3), ammonium (NH_4), Nitrit (NO_2) dan Nitrat (NO_3). Nitrogen organik berupa asam amino, protein dan urea. Nitrogen – nitrogen tersebut mengalami transformasi yang mana diantaranya melibatkan mikrobiologi. Salah satu contohnya adalah proses nitrifikasi. Nitrifikasi merupakan proses ammonium menjadi nitrit dan nitrit menjadi nitrat.

Bakteri nitrifikasi tersebar luas di lingkungan, dan ditemukan dalam jumlah tertinggi di mana sejumlah besar amonia yang hadir seperti pada daerah dengan dekomposisi protein yang luas, dan instalasi pengolahan limbah. Kelompok bakteri ini bersifat kemolitotrof karena menggunakan senyawa nitrogen anorganik sebagai sumber energi dalam siklus hidupnya. Pada umumnya, bakteri nitrifikasi bersifat nonmotil (tidak dapat bergerak) sehingga cenderung untuk melekat pada permukaan benda yang ada di sekelilingnya. Bakteri nitrifikasi berkembang biak dengan cara membelah diri, tetapi tidak dapat membentuk spora. Bakteri nitrifikasi berkembang di danau dan sungai air limbah karena kandungan amonia yang tinggi. Bakteri nitrifikasi sangat peka terhadap lingkungan, karenanya nitrifikasi merupakan hubungan lemah dalam peredaran nitrogen. Faktor-faktor tanah yang mempengaruhi proses nitrifikasi yaitu aerasi, suhu, kelembaban, kapur aktif, pupuk, sisa karbon-nitrogen. Kemampuan mereduksikan nitrat dapat digunakan sebagai ciri identifikasi bakteri. *Escherichia coli* (*E. coli*) dan *Pseudomonas aeruginosa* mampu menggunakan nitrat sebagai aseptor elektron terakhir. *E. coli* mereduksinya menjadi nitrit sedangkan *Pseudomonas aeruginosa* mampu mereduksinya lebih lanjut menjadi N_2 .

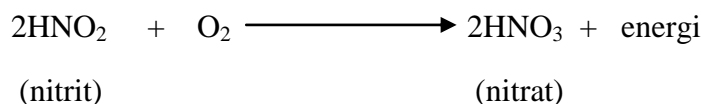
Proses nitrifikasi berlangsung dalam dua tahapan besar yang masing-masing diperankan oleh kelompok organisme yang berbeda, yaitu:

1. Nitritasi yaitu oksidasi amonia menjadi nitrit oleh bakteri pengoksidasi ammonium (AOB). Proses ini dilakukan oleh kelompok bakteri Nitrosomonas dan Nitrosococcus. Berikut merupakan reaksi nitritasi.



Pada reaksi ini di perlukan penghambat nitrifikasi yang berguna untuk membatasi pelindian nitrat, N-Serve (nitrapyrin) karena bersifat beracun bagi Nitrosomonas.

2. Nitrifikasi yaitu oksidasi senyawa nitrit (NO_2^-) menjadi nitrat oleh bakteri nitrat atau nitrit bakteri pengoksidasi (NOB). Proses ini dilakukan oleh kelompok bakteri Nitrobacter. Berikut merupakan reaksi nitrifikasi.



Nitrit bersifat beracun, umumnya tidak sampai terakumulasi, karena reaksi nitrit menjadi nitrat jauh lebih besar dibanding perubahan ammonium menjadi nitrit. Ada dua jenis bakteri autotrof yang menonjol, mereka mendapatkan energi dari oksidasi N, sedangkan C diambil dari CO₂.

Proses nitrifikasi mempengaruhi kinetika DO sesuai dengan penjelasan di atas. Rumus kinetika DO menunjukkan variabel yang menentukan berkurangnya DO dari proses oksidasi NH_3 , oksidasi NO_2 adalah laju pengambilan oksigen per unit amonia (sebesar 3,42 mgO/mgN) dan laju pengambilan oksigen per unit nitrit sebesar 1,14 mgO/mgN. Selain itu terdapat laju oksidasi NH_3 dan laju oksidasi NO_2 yang ditentukan dengan analisis laboratorium.

2.1.3 Proses oksidasi sedimen

Sediment Oxygen Demand(SOD) adalah laju yang menunjukkan hilangnya DO pada badan air akibat proses biokimia yang terjadi di sedimen pada badan air tersebut. Sedimen yang membuat zona benthik berasal dari kondisi alami sungai,

nonpoint source runoff, dan efluen air limbah (Hatcher, 1980). Beberapa faktor yang mempengaruhi laju SOD adalah temperatur sedimen teratas, kedalaman badan air (Ziadat & Berdainer, 2004), dan kecepatan aliran permukaan (Truax et al., 1995). Nilai SOD akan meningkat pada kecepatan aliran yang rendah yaitu <10 cm/s. Penelitian oleh Ziadat & Berdainer (2004) menunjukkan bahwa laju SOD berubah dalam beberapa tahun akibat perubahan konsentrasi DO dalam badan air, perubahan populasi benthik, laju pencampuran aliran permukaan, adanya zat kimia pencemar, dan perubahan temperatur.

Sungai alami hingga tingkat pencemaran rendah mempunyai nilai SOD sebesar $0,1 \sim 1,0$ gr.O²/m²/hari dan untuk sungai agak tercemar hingga tercemar berat sebesar $5 \sim 10$ gr.O²/m²/hari (Schnoor, 1996). Studi lain menunjukkan nilai sampel SOD sungai Santubong Sarawak Malaysia pada suhu 20°C berkisar $4,5 - 9,8$ gr.O²/m²/hari (Yee, et al., 2011).

2.1.4 Proses respirasi dan fotosintesa alga

Alga (tumbuhan ganggang) merupakan tumbuhan thallus yang hidup di air, baik air tawar maupun air laut, sedikit-tidaknya selalu menempati habitat yang lembab atau basah. Alga yang hidup di air ada yang bergerak aktif, ada yang tidak. Jenis-jenis yang hidup di air, terutama yang tubuhnya ber sel tunggal dan dapat bergerak aktif merupakan penyusun plankton, tepatnya fitoplankton. Walaupun tubuh ganggang menunjukkan keanekaragaman yang sangat besar, tetapi semua selnya selalu jelas mempunyai inti dan plastida, dan dalam plastidnya terdapat zat-zat warna derivat klorofil, yaitu klorofil-a atau klorofil-b atau kedua-duanya selain derivat klorofil terdapat pula zat warna lain inilah yang justru kadang-kadang lebih menonjol dan menyebabkan kelompok ganggang tertentu diberi nama menurut warna tersebut. Zat warna tersebut berupa fikosianin (berwarna biru), fikosantin (berwarna pirang), fikoeritrin (berwarna merah). Di samping itu juga dapat ditemukan zat-zat warna santofil, dan karoten (Tjitrosoepomo, 2005).

Fotosintesis dan respirasi tanaman dapat menambah dan mengurangi konsentrasi oksigen di perairan alam. Terdapat dua jenis tanaman yang mendominasi perairan, yaitu dari jenis fitoplankton untuk sungai dalam dan jenis

tanaman dasar atau feripiton untuk sungai dangkal. Keduanya hanya tumbuh di perairan jernih dengan penetrasi cahaya matahari berlangsung sempurna. Oleh sebab itu, proses fotosintesis dan respirasi jarang terjadi di perairan yang keruh (Ritmann, 2001). Selain dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, kehidupan alga juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti DO, suhu, salinitas, pH, dan kandungan organik dalam air sungai.

Umumnya kelarutan oksigen dalam air sangat terbatas. Dibandingkan dengan kadar oksigen di udara yang sangat mempunyai konsentrasi sebanyak 21% volume air hanya mampu menyerap oksigen sebanyak 1% volum saja. Sumber utama oksigen terlarut dalam air adalah penyerapan oksigen dari udara melalui kontak antara permukaan air dengan udara, dan dari proses fotosintesis. Nilai oksigen terlarut di suatu perairan mengalami fluktuasi harian maupun musiman yang dipengaruhi oleh temperatur dan juga aktivitas fotosintesis dari tumbuhan yang menghasilkan oksigen (Barus, 2004).

Nilai rentang rata-rata produksi oksigen dari photosintesis alga dikurangi untuk respirasi alga sebesar 0.5-10 mg/L.hari (Schnoor,1996).

2.1.5 Proses reaerasi atmosfer

Sumber oksigen pada sungai salah satunya dari atmosfer. Turbulensi akibat pergerakan aliran sungai dapat menimbulkan pertukaran oksigen dari atmosfer ke dalam air. Proses ini disebut proses reaerasi atmosfer. Jumlah oksigen yang dihasilkan dari proses ini ditentukan dari laju reaerasi atmosfer (/hari), konsentrasi DO jenuh dan konsentrasi DO (mg/l) mengikuti persamaan berikut (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup, 2003).

Persamaan laju reaerasi berdasarkan O'Connors & Dobbins (1958):

$$r_R = K_2 (C_s - C)$$

dimana: r_R = laju reaerasi

K_2 = konstanta laju reaerasi, hari⁻¹ (basis bilangan natural)

C_s = konsentrasi oksigen terlarut jenuh, mg/l

C = konsentrasi oksigen terlarut, mg/l

Konstanta laju reaerasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan O'Connors & Dobbins (1958):

$$K_2 = \frac{294(D_L U)^{0.5}}{H^{1.5}}$$

dimana: D_L = koefisien difusi molekular untuk oksigen, m²/hari

U = kecepatan aliran rata-rata, m/s

H = kedalaman aliran rata-rata, m

Koefisien difusi molekular dapat bervariasi sesuai dengan temperatur aliran air. Nilai koefisien difusi molekular dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$D_{LT} = 1.760 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \times 1.037^{T-20}$$

dimana: T = suhu aliran air, °C

Nilai K_2 telah diestimasi oleh Engineering Board of Review for the Sanitary District of Chicago (1989) untuk berbagai macam badan air yang disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai K_2 pada Berbagai Jenis Badan Air

Jenis Badan Air	Nilai K_2 (/hari)
Pelan dan dalam	0,1-0,4
Kondisi tipikal	0,4-1,5
Cepat dan dalam	1,5-4
Cepat dan dangkal	4-10

Data yang diperoleh dari pengukuran v dan H di lapangan menunjukkan bahwa nilai k_a rata-rata di hulu sebesar 12/hari (lewat jenuh) dan menurun tajam menjadi 0.35/hari (belum jenuh) di hilir.

2.2 Model Dinamis

Sistem didefinisikan sebagai kumpulan unsur-unsur yang senantiasa berinteraksi seiring dengan waktu untuk membentuk sebuah keseluruhan kesatuan. Hubungan mendasar dan hubungan antara komponen-komponen

dari sistem disebut struktur sistem. Proses kinetika DO terdiri dari proses-proses (fisik, kimia, dan biologis) yang saling mempengaruhi. Hubungan antar proses dan keterlibatannya dalam mempengaruhi konsentrasi DO dapat digambarkan menjadi sebuah sistem yang dapat berubah seiring dengan waktu (dinamis). Pada studi ini, proses kinetika DO sungai yang menjadi obyek penelitian memiliki unsur-unsur pembentuk sistem (elemen sistem) meliputi reaerasi atmosfer, fotosintesis dan respirasi alga, oksidasi NH_3 , oksidasi NO_2 , deoksigenasi C-organik dan oksidasi sedimen. Sedangkan cara elemen sistem bervariasi dari waktu ke waktu disebut perilaku sistem. Perilaku sistem dalam studi ini adalah dinamika konsentrasi DO yang dipengaruhi oleh adanya proses reaerasi atmosfer, fotosintesis dan respirasi alga, oksidasi NH_3 , oksidasi NO_2 , deoksigenasi C-organik dan oksidasi sedimen.

Martin (1997) menulis “Salah satu ciri umum untuk semua sistem adalah struktur sistem menentukan perilaku sistem”. Dinamika sistem menghubungkan perilaku sistem dengan struktur yang mendasarinya. Dinamika sistem dapat digunakan untuk menganalisis bagaimana struktur sistem fisika, biologi, atau sastra dapat menyebabkan perilaku sistem terlihat. Dengan mendefinisikan struktur suatu ekosistem, dimungkinkan untuk menggunakan analisis sistem dinamis untuk melacak perilaku ekosistem tersebut dari waktu ke waktu berdasarkan strukturnya.

Sistem dinamis juga dapat digunakan untuk menganalisis bagaimana perubahan struktural di salah satu bagian dari sistem mempengaruhi perilaku sistem secara keseluruhan. Gangguan suatu sistem memungkinkan seseorang untuk menguji bagaimana sistem akan menanggapi di bawah berbagai kondisi yang ditentukan. Sebagai tambahan untuk menghubungkan struktur sistem dengan perilaku sistem dan menyediakan alat untuk pengujian sensitivitas dari sebuah sistem untuk perubahan-perubahan struktural, sistem dinamis membutuhkan proses pemodelan struktur sistem yang teliti. Pemodelan struktur sistem akan memperkuat pertimbangan detail-detail khusus. Simulasi komputer adalah tiruan dari sistem perilaku melalui perhitungan numerik oleh komputer pada model sistem dinamis.

Sistem dinamis dapat direpresentasikan dalam sebuah model dinamis dengan melibatkan parameter-parameter di dalamnya sehingga memudahkan formulasi dan analisis sistem tersebut. Pendekatan dengan model dinamis merupakan suatu pendekatan umum untuk membuat sebuah rangkaian keputusan yang saling berhubungan dalam upaya mencari yang optimum (Chinneck, 2013). Setelah model sistem dinamis dibangun dan kondisi awal ditentukan, komputer dapat mensimulasikan perilaku variabel model yang berbeda dari waktu ke waktu. Pada penelitian ini digunakan aplikasi *Stella Version 9.1.3*.

Dalam pemodelan kualitas air dengan *Stella Version 9.1.3*, terdapat beberapa *tools* dalam model yang harus diperhatikan, yaitu *map*, *converter*, dan *action connector*. *Map* merupakan tools untuk membangun model dinamis yang memperlihatkan model yang dibuat. *Converter* merupakan tools yang menghubungkan variabel secara matematis (contoh: konsentrasi DO jenuh, laju reaerasi, dan lain-lain).

2.3 Gambaran Umum Wilayah Studi

2.3.1 Geomorfologi Sungai Brantas

Kondisi permukaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas khususnya Brantas Hulu yang berada di Kota Malang, dipengaruhi oleh kondisi relief, topografi, dan kemiringan lahan. Secara umum kemiringan lahan DAS Brantas sangat kompleks dan terbagi dalam lima (5) kelas, yaitu:

1. Kemiringan lereng 0 – 8 % (datar) yang terdapat di dataran aluvial gunungapi.
2. Kemiringan lereng 8 – 15 % (landai) yang membentuk lereng kaki dan lereng bawah gunungapi.
3. Kemiringan Lereng 15 – 25 % (agak curam) yang dijumpai pada lereng tengah gunungapi.
4. Kemiringan lereng 25 – 40 % (curam) dan
5. Kemiringan lereng > 40 % yang membentuk lereng atas gunungapi.

DAS Brantas yang berada di Kota Malang termasuk dalam kategori kemiringan rendah yaitu $<8\%$.

Kondisi tanah di DAS Brantas sangat kompleks. Hal ini dipengaruhi oleh kompleksnya batuan penyusun DAS Brantas sebagai bahan induk tanah yang berasal dari sumber yang berbeda dan adanya pengaruh iklim dan waktu pembentukan yang berbeda. Tipe tanah yang terdapat di DAS Brantas secara umum antara lain Alluvial, Litosol, Latosol, Grumusol, Regosol, Andosol, dan Mediteran.

2.3.2 Hidrodinamika Sungai Brantas

Sungai adalah perairan yang mengalir ke permukaan yang lebih rendah, dimana air yang berada di dalamnya berasal dari limpasan salah satu satuan hidrologi (daerah aliran sungai atau DAS). Jika air hujan mengalir di atas permukaan daratan (*run off*), sebagian dari air hujan tersebut akan hilang melalui evaporasi dan infiltrasi. Sedangkan yang lainnya akan masuk ke dalam sungai, danau, atau perairan darat lainnya.

Sungai Brantas merupakan sungai terbesar di Jawa Timur, pada $110^{\circ}30'BT$ sampai $112^{\circ}55'BT$ dan $7^{\circ}01'LS$ sampai $8^{\circ}15'LS$, dengan panjang kurang lebih 320 km (Kepmen PU, 2010). Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas seluas 14.103 km^2 , dengan curah hujan rata-rata 2.000 mm/tahun dan limpasan permukaan (surface run-off) sebesar $12 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{tahun}$ (BBWS Brantas, 2011).

Sungai Brantas yang merupakan sungai utama daerah pengaliran sungai (DPS) Brantas berasal dari sumbernya di lereng sebelah tenggara Gunung Anjasmoro. Sungai mengalir ke arah tenggara, yaitu arah Kota Malang, lalu menuju ke selatan. Kota Malang terletak di daerah dataran tinggi (up land) dengan kondisi topografis yang tidak merata. Ketinggian Kota Malang adalah antara 440-667 m dengan suhu rata-rata $23^{\circ}C$ (BBWS Brantas, 2011). Kelerengan pada Kota Malang mengakibatkan miringnya dasar Sungai Brantas sehingga mengakibatkan kecepatan aliran menjadi cukup tinggi. Selain itu terdapat terjunan buatan yang dibuat untuk meningkatkan elevasi sungai sehingga kecepatan aliran sungai dapat ditingkatkan. Terdapat 5 buah

terjunan buatan di Kota Malang, yang mana diantaranya terdapat di daerah pertanian dan perkebunan. Kecepatan aliran Sungai Brantas di Kota Malang berkisar antara 0,51 ml/detik – 1,69 ml/detik (BLH Kota Malang, 2011).

2.3.3 Potensi Sumber Daya Air Sungai Brantas

Aliran Sungai Brantas berpotensi membawa air dari hulu atau mata air lain dalam jumlah yang besar sehingga mempengaruhi debit sungai utama. Sungai-sungai tersebut membentuk pola aliran dendritik. Hal tersebut menunjukkan bahwa aliran pada sungai-sungai di DAS Brantas berpotensi untuk mengerosi lahan di sekitarnya.

Berdasarkan laporan BMKG setempat, “Secara menyeluruh kawasan ini memiliki curah hujan rata-rata sekitar 2.000 mm/th”. Sementara itu pada sumber data lainnya menyebutkan bahwa total potensi debit air permukaan sebesar 373,64m³/detik.

Pada umumnya fluktuasi debit air tahunan cukup tinggi. Saat terjadi musim hujan, sungai utama mengalami kelebihan air dan berakibat banjir pada kawasan dengan elevasi rendah. Sementara itu, saat terjadi musim kemarau, terjadi kekeringan di sebagian wilayah catchment areanya. Untuk mengurangi tingginya fluktuasi debit, salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan membangun waduk atau bendungan.

DAS Brantas merupakan cekungan yang tersusun dari litologi batuan yang berbeda antara satu tempat dengan tempat yang lain. Batuan penyusun tersebut berpotensi menyimpan dan melewatkan air dalam jumlah tertentu. Formasi batuan ini disebut dengan sistem akuifer. Berdasarkan peta hidrogeologi DAS Brantas, akuifer yang terdapat di DAS Brantas memiliki potensi yang rendah, sedang, tinggi, dan airtanah langka.

a. Potensi air tanah rendah.

Terdapat pada daerah dengan akuifer produksi kecil setempat (aliran celah) dan akuifer yang menutupi akuifer produksi tinggi dengan penyebaran aliran setempat (aliran ruang). Penyebaran potensi airtanah rendah terdapat di lereng atas dan puncak gunung.

b. Potensi airtanah sedang.

Terdapat pada akuifer produksi sedang (aliran rekah, celah, saluran, ruang antar butir). Penyebaran akuifer ini terdapat pada lereng tengah gunungapi dengan kemiringan lereng yang curam dan airtanah dalam. Muncul mataair terutama pada daerah tekuk lereng.

c. Potensi airtanah tinggi.

Akuifer produksi tinggi penyebaran luas, aliran ruang antar butir, celah, dan rekahan. Akuifer ini berada di lereng bawah pegunungan, lereng kaki pegunungan, serta dataran kaki pegunungan dengan kedalaman airtanah dangkal hingga sedang.

d. Daerah airtanah langka.

Terdapat pada bentuklahan dengan material penyusun berupa batugamping. Produksi akuifer kecil, setempat, aliran celah, dan airtanah dalam. Daerah airtanah langka terdapat di lereng perbukitan sisi selatan DAS Brantas.

2.3.4 Pencemaran Lingkungan

Berkembangnya kota-kota besar yang dilalui aliran sungai Brantas, mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan air bersih dan air baku. Di samping itu, semakin tingginya konsentrasi penduduk dan industri di daerah perkotaan menimbulkan masalah antara lain timbulnya daerah kumuh di tepi sungai, menurunnya kualitas air sungai dan bencana banjir akibat terganggunya aliran air, baik karena banyaknya sampah, pendangkalan maupun berkurangnya lebar sungai. Sumber pencemar dominan yang mencemari sungai Brantas adalah sebagai berikut :

a. Limbah industri

Di dalam Wilayah Sungai Brantas sedikitnya terdapat 483 industri yang berpotensi membuang limbahnya yang berpengaruh langsung pada kualitas air sungai. Berdasarkan data dari Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur pada tahun 1999, diperoleh hasil beban BOD netto dari sektor industri sebesar 37,48 ton BOD/tahun. Diperkirakan jumlah beban tersebut meningkat sebesar 10% hingga tahun 2012.

b. Limbah hotel dan restoran

Limbah domestik hotel, restoran, dan lain-lain adalah sumber yang paling besar memberikan kontribusi limbah padat pada WS Brantas yaitu sebesar 7,26 m³/hari dan limbah cair sebesar 10,25 ton BOD/tahun (BBWS Brantas, 2011).

c. Limbah pertanian

Sumber pencemar dari sektor pertanian berasal dari sisa pestisida dan pupuk an-organik yang digunakan di lahan-lahan garapan dan yang mengalir ke sungai bersama dengan sisa air irigasi. Pencemaran ini umumnya terjadi pada saat musim hujan. Dampak yang terjadi akibat limbah pertanian tersebut adalah terjadinya eutrofikasi perairan di waduk juga di sepanjang sungai Brantas, terutama pada wilayah-wilayah hilir.

Sepanjang tahun 2011, hasil pengujian sampel menunjukkan bahwa untuk parameter DO dan COD rata – rata hampir selalu memenuhi baku mutu air sungai kelas II sedangkan untuk parameter BOD rata-rata belum memenuhi baku mutu air sungai kelas II menurut Peraturan GubernurProvinsi Jawa Timur No. 61 Tahun 2010.

Permasalahan yang dihadapi dalam upaya pengendalian pencemaran di WS Brantas, antara lain :

- a. Sejak dilaksanakan Program Kali Bersih, pengendalian pada sumber pencemar hanya dilaksanakan pada limbah industri. Pengendalian limbah domestik belum dilaksanakan, padahal berdasarkan penelitian beban pencemaran limbah domestik mencapai 62% dari total beban yang masuk sungai.
- b. Penegakan hukum terhadap pencemar masih lemah, karena masih mempertimbangan aspek sosial, ekonomi, kesempatan kerja dan lain sebagainya.
- c. Banyak industri yang kapasitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)-nya lebih kecil dari limbah yang diproduksi, sehingga buangan limbahnya tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

- d. Pengendalian pencemaran air merupakan masalah yang kompleks, memerlukan dana besar dan waktu panjang serta memerlukan komitmen semua pihak yang berkepentingan.
- e. Banyaknya permukiman di daerah sempadan sungai mengakibatkan banyak sampah dan limbah domestik langsung dibuang ke sungai.
- f. Kurangnya kesadaran masyarakat untuk ikut berpartisipasi dalam memberikan kontrol sosial yang positif (aktif-konstruktif).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Metode penelitian digunakan sebagai acuan dalam penelitian mengenai konsentrasi *Dissolved Oxygen* (DO) di Sungai Brantas dan komponen-komponen yang mempengaruhi perubahan nilai DO tersebut.

3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian disusun berdasarkan ide penelitian yang berkembang menjadi pokok-pokok permasalahan. Pokok-pokok permasalahan ini akan merangsang peneliti untuk membuat tahapan pemecahan masalah. Tujuan dari kerangka penelitian tersebut adalah :

1. Sebagai gambaran awal mengenai tahapan dan metode yang digunakan selama penelitian agar pelaksanaan penelitian dan penulisan laporan menjadi sistematis.
2. Mengetahui tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam penelitian sehingga mudah dalam melakukan penelitian dan memperkecil kesalahan selama penelitian.
3. Memudahkan dalam mengetahui hal-hal yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian sehingga tujuan penelitian dapat tercapai dengan baik.

Kerangka penelitian pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Studi Pengaruh Kualitas Air Terhadap Ketersediaan Oksigen Terlarut (Dissolved Oxygen) Di Segmen Sungai Brantas Dengan Pendekatan Model Dinamis

Latar Belakang

Peraturan

- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, yang mana menyebutkan bahwa konsentrasi minimum DO dalam badan air adalah 4 mg/l.

Realita

- Konsentrasi DO dalam badan air kurang dari konsentrasi minimum yaitu 4 mg/l.
- Konsentrasi DO yang rendah membuat aktivitas degradasi polutan menjadi tidak optimum dan mengganggu kehidupan biota air pada badan air.

GAP

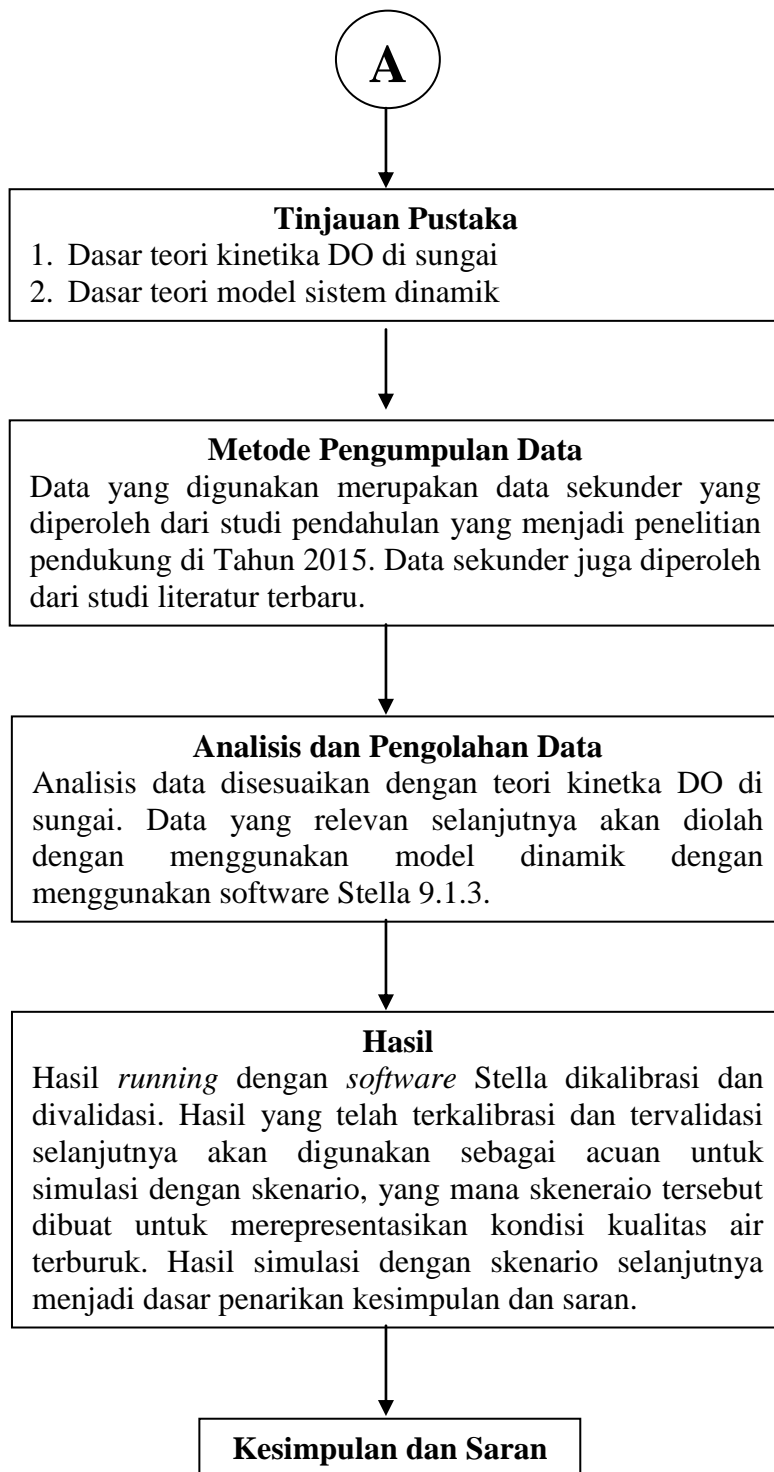
Rumusan Masalah

- a. Bagaimanakah konsentrasi DO sungai sebelum adanya pembuangan efluen IPAL komunal?
- b. Berapakah besar penurunan konsentrasi DO dan apa saja faktor yang mempengaruhi kinetika konsentrasi DO?
- c. Berapakah konsentrasi DO optimal berdasarkan model dinamis DO sungai?

Tujuan

- a. Menganalisis konsentrasi DO sungai sebelum adanya pembuangan efluen IPAL komunal.
- b. Menganalisis besarnya penurunan konsentrasi DO dan menganalisis faktor yang mempengaruhi kinetika konsentrasi DO.
- c. Menganalisis konsentrasi DO optimal berdasarkan model dinamis DO sungai.

A



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan dari pencarian ide penelitian hingga pemecahan masalah berupa analisis data dan penarikan kesimpulan. Dengan adanya tahapan penelitian ini, peneliti akan lebih

mudah melaksanakan penelitiannya dan lebih mudah dalam kontrol kesalahan dalam penelitian.

3.3.1 Ide Penelitian

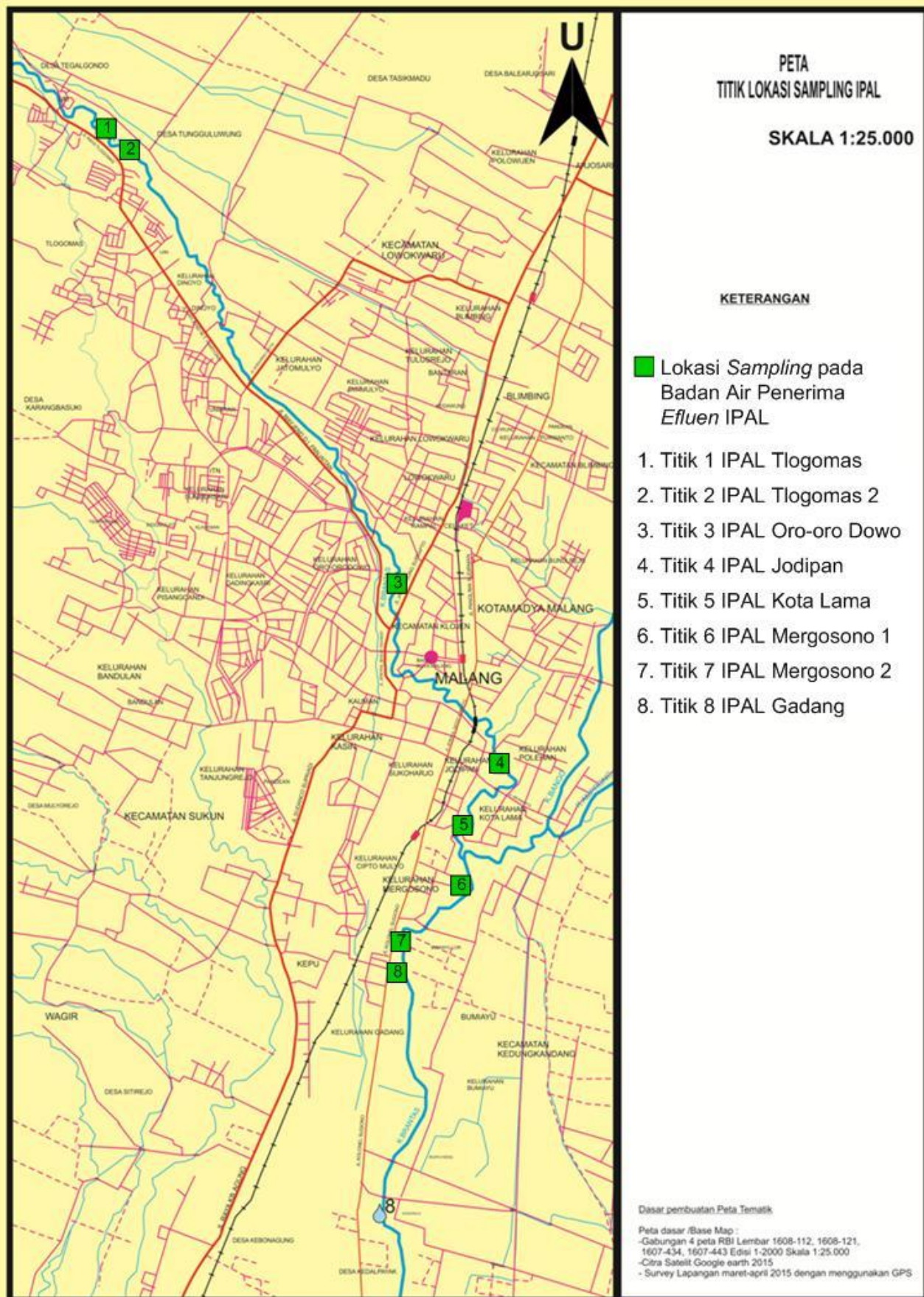
Ide penelitian ini adalah melakukan studi untuk mengetahui pengaruh kualitas efluen ipal komunal terhadap konsentrasi DO di sungai brantas dengan pendekatan sistem dinamis.

3.3.2 Pengambilan Data Faktor Kinetika DO Sungai Penerima

Pada penelitian ini, lokasi penelitian merupakan ruas Sungai Brantas yang menjadi badan air penerima efluen IPAL, lokasi tersebut adalah:

1. Segmen Sungai Brantas di IPAL Tlogomas 1
2. Segmen Sungai Brantas di IPAL Tlogomas 2
3. Segmen Sungai Brantas di IPAL Oro-orodowo
4. Segmen Sungai Brantas di IPAL Jodipan
5. Segmen Sungai Brantas di IPAL Kota Lama
6. Segmen Sungai Brantas di Mergosono 1
7. Segmen Sungai Brantas di Mergosono 2
8. Segmen Sungai Brantas di IPAL Gadang

Lokasi *sampling* berada pada 10 meter setelah outlet IPAL. Lokasi IPAL dan lokasi *sampling* dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Peta Lokasi *Sampling*

Berdasarkan penjelasan pada tinjauan pustaka, diketahui banyak sekali variabel yang mempengaruhi kinetika DO sungai penerima efluen IPAL. Data mengenai variabel-variabel tersebut merupakan data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari *sampling* dalam studi pendahuluan yang merupakan penelitian pendukung terhadap penelitian ini. *Sampling* tersebut dilakukan pada Bulan April dan September 2015. Data sekunder didapatkan dari data pemantauan kualitas air Sungai Brantas oleh BLH Kota Malang, data dari *textbook*, dan data dari referensi sungai dengan karakteristik mirip Sungai Brantas. Variabel yang mempengaruhi kinetika DO sungai dan jenis datanya disajikan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jenis Data Variabel yang Mempengaruhi Kinetika DO

Nama Proses	Formulasi	Parameter	Keterangan	Keterangan
Reaerasi	$K_2(O_{sat} - O)$	K_2	rate reaerasi	Data akan dikalibrasi dengan acuan data sekunder
		O_{sat}	DO saturasi (DO jenuh)	Data sekunder
		O	DO hasil <i>sampling</i>	Data primer dan data sekunder
Alga	$(\alpha_3 \mu - \alpha_4 \rho) Gn$	α_3	Selisih konsentrasi DO yang dihasilkan dari fotosintesis dan konsentrasi DO yang digunakan saat respirasi alga	Data akan dikalibrasi dengan acuan data sekunder
		α_4		
		μ		
		ρ		
		Gn		
Deoksigenasi	$K_1 L$	K_1	rate deoksigenasi BOD	Data primer
		L	konsentrasi BOD	Data primer
Oksidasi NH_3	$\alpha_5 \beta_1 N_1$	α_5	rate pengambilan oksigen untuk oksidasi amoniak	Data sekunder
		β_1	koefisien rate oksidasi amoniak	Data primer
		N_1	Konsentrasi amoniak	Data primer
Oksidasi NO_2	$\alpha_5 \beta_2 N_2$	α_6	rate pengambilan oksigen untuk oksidasi nitrit	Data sekunder

Nama Proses	Formulasi	Parameter	Keterangan	Keterangan
SOD	$\frac{K_4}{H}$	β_2	koefisien <i>rate</i> oksidasi nitrit	Data primer
		N_2	Konsentrasi nitrit	Data primer
		K_4	SOD	Data sekunder
		H	Kedalaman sungai	Data primer

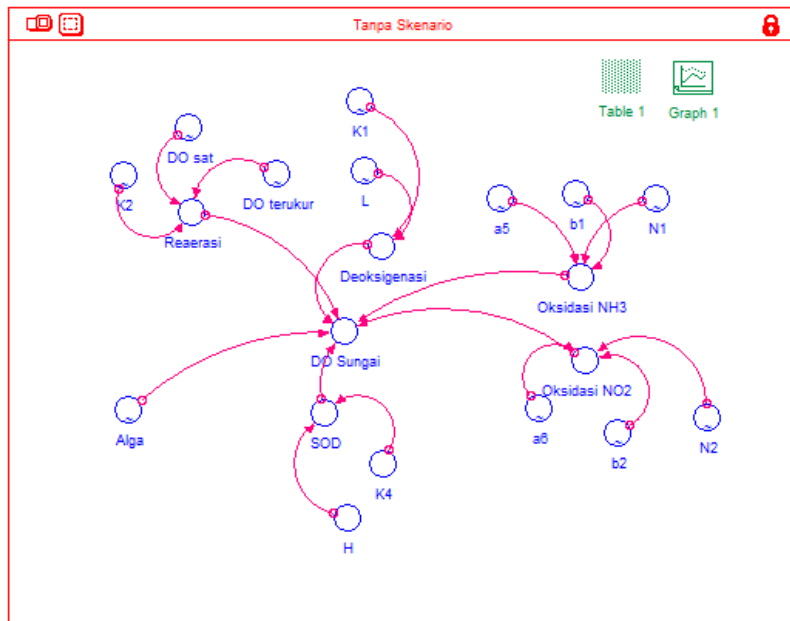
Sumber: Hasil analisis, 2016

Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder. Data primer diambil sebanyak dua kali yaitu pada Bulan April dan Bulan September yang mana pada simulasi model masing-masing data akan mewakili bulan musim penghujan dan musim kemarau. Data sekunder digunakan untuk melengkapi simulasi pada bulan sebelum dilakukannya studi, dengan kata lain data sekunder digunakan untuk simulasi pada bulan ke-0. Data *sampling* Bulan April digunakan untuk simulasi pada bulan ke-1 hingga bulan ke-6, sedangkan data Bulan September digunakan untuk simulasi pada bulan ke-7 hingga ke-12.

Data mengenai konsentrasi DO yang dihasilkan pada fotosintesis alga dan konsentrasi DO yang dibutuhkan untuk respirasi alga merupakan data sekunder yang direpresentasikan dengan selisih antara konsentrasi DO fotosintesis dan DO respirasi. Data tersebut merupakan data sekunder yang mana adalah data selisih DO fotosintesis dan DO respirasi dari sungai yang karakteristiknya mirip Sungai Brantas, seperti yang dijelaskan pada bab sebelumnya.

3.3.3 Strukturisasi dan Merumuskan Model

Strukturisasi dan merumuskan model merupakan pembangunan struktur model dan penyatuan rumus kinetika DO sungai. Penyatuan formulasi ini perlu dilakukan untuk mendapatkan formulasi yang terintegrasi sehingga dapat diketahui perubahan kinetika DO sungai yang disebabkan oleh variabel-variabel penyusunnya. Berikut struktur model kinetika DO sungai digambarkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Struktur Model Kinetika DO Sungai

Formulasi model kinetika DO mengikuti rumus pada Persamaan (1) berikut.

$$\frac{dO}{dt} = K_2(O_{sat} - O) + (\alpha_3\mu - \alpha_4\rho)Gn - K_1L - \alpha_5\beta_1N_1 - \alpha_5\beta_2N_2 - \frac{K_4}{H}$$

Hubungan model dan formulasinya dijelaskan lebih rinci pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Hubungan model dinamis dan formulasinya

Nama Converter	Formulasi	Parameter	Nama Subconverter
Reaerasi	$K_2(O_{sat} - O)$	K_2	K2
		O_{sat}	DO sat
		O	DO terukur
Alga	$(\alpha_3\mu - \alpha_4\rho)Gn$	α_3	Alga
		α_4	
		μ	
		ρ	
		Gn	
Deoksigenasi	K_1L	K_1	K1
		L	L
Oksidasi NH ₃	$\alpha_5\beta_1N_1$	α_5	a5
		β_1	b1
		N_1	N1
Oksidasi NO ₂	$\alpha_5\beta_2N_2$	α_6	a6
		β_2	b2

Nama Converter	Formulasi	Parameter	Nama Subconverter
		N ₂	N2
SOD	$\frac{K_4}{H}$	K ₄	K4
		H	H

3.4 Analisis dan Pembahasan

Data sekunder mengenai konsentrasi variabel yang telah diperoleh lalu dimasukkan ke dalam model untuk disimulasikan dengan menggunakan program Stella 9.1.3. Setelah input data dilakukan, maka dilakukan *running model* atau simulasi model untuk mengetahui apakah model yang telah dibuat dapat memproses data yang telah diinputkan. Setelah dilakukan simulasi model akan dilakukan kalibrasi dengan memastikan output hasil perhitungan sesuai dengan algoritma sistem model (Chinneck, 2013). Setelah itu dilakukan validasi model dinamis. Validasi dilakukan untuk memastikan kesesuaian model dengan kondisi di lapangan. Setelah mendapatkan model yang terkalibrasi dan valid, dilakukan pembuatan skenario kondisi sungai yang akan disimulasikan dengan model tersebut.

3.5 Penarikan Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan merupakan tahap akhir penelitian. Kesimpulan ditentukan berdasarkan analisis dan pembahasan yang dilakukan, dimana kesimpulan akan menjawab atau menentukan tercapainya tujuan penelitian. Saran diberikan agar penelitian dapat disempurnakan sebagai bentuk pengembangan bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

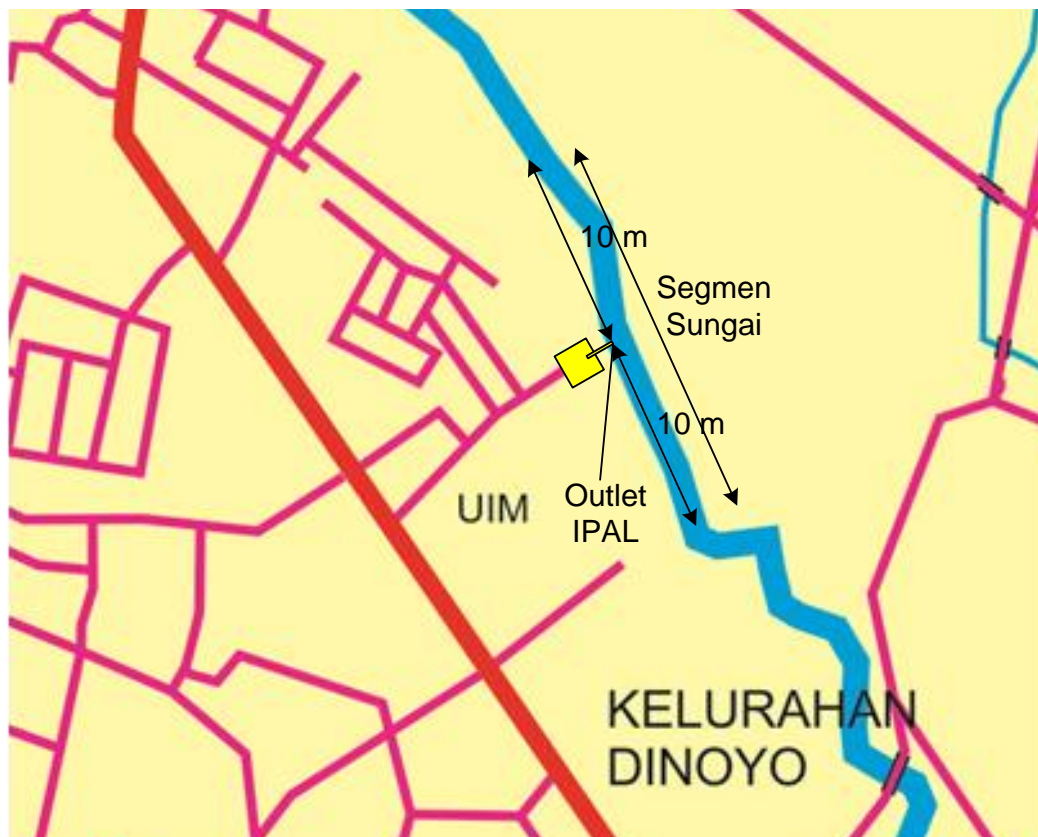
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil pengamatan lapangan dan analisis kualitas air

Pengamatan dilakukan pada segmen sungai Brantas dengan rentang jarak 10 meter sebelum outlet IPAL hingga 10 meter setelah outlet IPAL seperti diilustrasikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Ilustrasi Segmen Sungai yang Diamati

Kualitas air sebelum *outlet* IPAL bervariasi pada setiap titik. Kualitas air tersebut diamati pada titik pemantauan kualitas air oleh BLH Kota Malang. Hasil pemantauan kualitas air oleh BLH Kota Malang dapat dilihat lebih jelas pada Lampiran 2. Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa konsentrasi DO pada semua titik berkisar antara 4 mg/l- 8,2 mg/l pada musim kemarau dan penghujan,

sedangkan zat pencemar dengan parameter BOD mengalami peningkatan pada musim kemarau dengan konsentrasi tertinggi pada titik 4 dan 7 sebesar 11,3 mg/l dan 12,5 mg/l. Peningkatan tersebut terjadi pula pada konsentrasi NO_2 dan NH_3 . Data tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi DO sungai sebelum adanya pembuangan efluen IPAL pada semua titik sesuai baku mutu yang mana konsentrasi DO pada musim kemarau lebih rendah dari musim penghujan karena konsentrasi zat pencemar lebih tinggi saat penurunan debit sungai pada musim kemarau.

4.1.1 Titik 1: Segmen Sungai IPAL Tlogomas 1

a. Kondisi di sekitar lokasi IPAL

IPAL Tlogomas melayani sambungan rumah sebanyak 96 KK. IPAL Tlogomas terletak 50 meter dari tepi sungai di sisi kanan Sungai Brantas. Vegetasi di sekitar sungai cukup rapat dengan tumbuhan dominan adalah Bambu.

b. Hidrogeometri sungai

Sungai yang menjadi badan air penerima efluen IPAL Komunal Tlogomas memiliki lebar 10,5 m dengan kedalaman 1,5 m. Aliran air pada sungai tersebut memiliki kecepatan 0,678 m/s. Kondisi eksisting sungai dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Lokasi *Sampling* Titik 1 pada *Sampling* Kesatu



Gambar 4.3 Lokasi *Sampling* Titik 1 pada *Sampling* Kedua



Gambar 4.4 Kondisi di Sekitar Lokasi *Sampling* Titik 1

c. Kualitas air sungai di titik 1

Sampling air sungai dilakukan untuk menentukan kualitas fisik dan kimia air sungai yang merupakan data utama dan data pendukung dalam model dinamis DO. *Sampling* air sungai kesatu dilakukan pada bulan April 2015

dan *sampling* kedua dilakukan pada bulan September 2015. Berikut kualitas fisik dan kimia air sungai pada *sampling* kesatu dan kedua disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Analisis Kualitas Air Sungai di Titik 1

Lokasi <i>Sampling</i>: Titik 1					
No.	Parameter	Baku Mutu	<i>Sampling 1</i>	<i>Sampling 2</i>	Satuan
1.	Suhu	Deviasi 3	22,6	-	°C
2.	pH	6-9	7,8	-	-
3.	DO	4	7,35	5,3	mg/L
4.	BOD	3	8	10,5	mg/L
5.	NO ₂	0,06	0,102	0,72	mg/L
6.	NH ₃	0	0,45	1,36	mg/L
7.	K2	-	1,5	2	/hari

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Kualitas fisik air sungai yang diukur adalah suhu dan pH, yang mana pengukurannya dilakukan langsung di lokasi *sampling*, sedangkan kualitas kimia diukur dengan melakukan analisis di laboratorium. Parameter suhu diukur untuk mengetahui konsentrasi DO jenuh air sungai. Konsentrasi DO jenuh air sungai dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya suhu air, salinitas, dan tekanan air. Konsentrasi DO jenuh air telah ditetapkan atau telah dilakukan standarisasi dengan melakukan percobaan pada salinitas nol dan tekanan air sebesar 1 atm. Air pada lokasi 1 bersuhu 22,6 °C, yang mana diketahui memiliki konsentrasi DO jenuh sebesar 8,6 mg/L. Berdasarkan hasil analisis kualitas air sungai di titik 1, diketahui bahwa konsentrasi setiap parameter kualitas air berubah di setiap waktu pengambilan sample air. Tabel 4.1 memberikan informasi bahwa konsentrasi DO menurun pada *sampling 2* yang mewakili musim kemarau, sedangkan konsentrasi BOD, NO₂, dan NH₃ mengalami peningkatan.

4.1.2 Titik 2: Segmen Sungai IPAL Tlogomas 2

a. Kondisi di sekitar lokasi IPAL

IPAL Tlogomas 2 melayani sambungan rumah sebanyak 20 KK. IPAL Tlogomas terletak 100 meter dari tepi sungai di sisi kanan Sungai Brantas. IPAL Tlogomas 2 merupakan IPAL yang juga digunakan sebagai fasilitas MCK (Mandi Cuci Kakus) umum.

b. Hidrogeometri sungai

Sungai yang menjadi badan air penerima efluen IPAL Komunal Tlogomas memiliki lebar 10,4 m dengan kedalaman 0,95 m. Aliran air pada sungai tersebut memiliki kecepatan 1,046 m/s. Kondisi eksisting sungai dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.



Gambar 4.5 Lokasi *Sampling* Titik 2 pada *Sampling* Kesatu



Gambar 4.6 Lokasi *Sampling* Titik 2 pada *Sampling* Kedua

c. Kualitas air sungai di titik 2

Pengambilan sampel air sungai dilakukan di lokasi *sampling* dengan koordinat 07°56'22,9" LS, 112°36'44,2"BT. *Sampling* air sungai kesatu dilakukan pada bulan April 2015 dan *sampling* kedua dilakukan pada bulan September 2015. Berikut kualitas fisik dan kimia air sungai pada *sampling* kesatu dan kedua disajikan dalam Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Analisis Kualitas Air Sungai di Titik 2

Lokasi <i>Sampling</i> : Titik 2					
No.	Parameter	Baku Mutu	<i>Sampling</i> 1	<i>Sampling</i> 2	Satuan
1.	Suhu	Deviasi 3	22,9	-	°C
2.	pH	6-9	8,17	-	-
3.	DO	4	7,53	6,3	mg/L
4.	BOD	3	5	9,3	mg/L
5.	NO ₂	0,06	0,122	0,47	mg/L
6.	NH ₃	0	0,49	1,38	mg/L
7.	K2	-	1,5	2	/hari

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Air pada lokasi 1 bersuhu 22,9 °C, yang mana diketahui memiliki konsentrasi DO jenuh sebesar 8,6 mg/L. Berdasarkan hasil analisis kualitas air sungai di titik 2, diketahui bahwa konsentrasi setiap parameter kualitas air berubah di setiap waktu pengambilan sample air. Tabel 4.2 memberikan informasi bahwa konsentrasi DO menurun pada *sampling* 2 yang mewakili musim kemarau, sedangkan konsentrasi BOD, NO₂, dan NH₃ mengalami peningkatan.

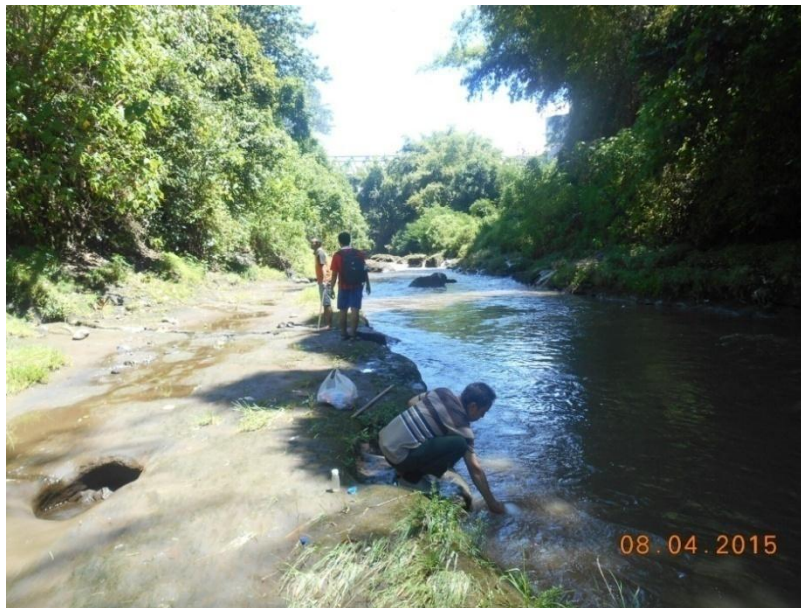
4.1.3 Titik: Segmen Sungai IPAL Oro-orodowo

a. Kondisi di sekitar lokasi IPAL

IPAL Oro-orodowo melayani sambungan rumah sebanyak 15 KK. IPAL Oro-orodowo terletak 150 meter dari tepi sungai di sisi kanan Sungai Brantas. Lokasi IPAL Oro-orodowo berada di permukiman yang tidak terlalu padat penduduk, sehingga lokasi di sekitar sungai penerima efluen IPAL masih didominasi vegetasi ilalang dan bambu.

b. Hidrogeometri sungai

Sungai yang menjadi badan air penerima efluen IPAL Oro-orodowo memiliki lebar 8,9 m dengan kedalaman 0,9 m. Aliran air pada sungai tersebut memiliki kecepatan 0,765 m/s. Kondisi eksisting sungai dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.



Gambar 4.7 Lokasi *Sampling* Titik 3 pada *Sampling* Kesatu



Gambar 4.8 Lokasi *Sampling* Titik 3 pada *Sampling* Kedua

c. Kualitas air sungai di titik 3

Sampling air sungai dilakukan di lokasi dengan koordinat $7^{\circ}57'01,7''$ LS, $112^{\circ}37'01,4''$ BT. Pengambilan sampel air sungai dilakukan untuk menentukan kualitas fisik dan kimia air sungai. *Sampling* air sungai kesatu dilakukan pada bulan April 2015 dan *sampling* kedua dilakukan pada

bulan September 2015. Berikut kualitas fisik dan kimia air sungai pada *sampling* kesatu dan kedua disajikan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Analisis Kualitas Air Sungai di Titik 3

Lokasi <i>Sampling</i>: Titik 3					
No.	Parameter	Baku Mutu	<i>Sampling 1</i>	<i>Sampling 2</i>	Satuan
1.	Suhu	Deviasi 3	23,2	-	°C
2.	pH	6-9	8,21	-	-
3.	DO	4	7	6,3	mg/L
4.	BOD	3	3	20,4	mg/L
5.	NO ₂	0,06	0,123	0	mg/L
6.	NH ₃	0	0,26	13,88	mg/L
7.	K2	-	2,5	1,5	/hari

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Air pada lokasi 3 bersuhu 23,2 °C, yang mana diketahui memiliki konsentrasi DO jenuh sebesar 8,5 mg/L. Berdasarkan hasil analisis kualitas air sungai di titik 3, diketahui bahwa konsentrasi setiap parameter kualitas air berubah di setiap waktu pengambilan sample air. Tabel 4.3 memberikan informasi bahwa konsentrasi DO menurun pada *sampling 2* yang mewakili musim kemarau, sedangkan konsentrasi BOD, NO₂, dan NH₃ mengalami peningkatan.

4.1.4 Titik 4: Segmen Sungai IPAL Jodipan

a. Kondisi di sekitar lokasi IPAL

IPAL Jodipan melayani sambungan rumah sebanyak 59 KK. IPAL Jodipan terletak 100 meter dari tepi sungai di sisi kanan Sungai Brantas. IPAL Jodipan terletak di pemukiman padat penduduk yang merupakan wilayah perdagangan dan industri rumah tangga. Di sekitar lokasi IPAL juga terdapat fasilitas umum seperti sekolah dan masjid.

b. Hidrogeometri sungai

Sungai yang menjadi badan air penerima efluen IPAL Jodipan memiliki lebar 9,7 m dengan kedalaman 2 m. Aliran air pada sungai tersebut memiliki kecepatan 0,749 m/s. Kondisi eksisting sungai dapat dilihat pada Gambar 4.9, Gambar 4.10, dan Gambar 4.11.



Gambar 4.9 Lokasi *Sampling* Titik 4 pada *Sampling* Kesatu



Gambar 4.10 Lokasi *Sampling* Titik 4 pada *Sampling* Kedua



Gambar 4.11 Kondisi di Sekitar Lokasi *Sampling* Titik 4

c. Kualitas air sungai di titik 4

Lokasi pengambilan sampel air sunga terletak pada koordinat $7^{\circ}57'45,2''$ LS, $112^{\circ}37'37,9''$ BT. *Sampling* air sungai dilakukan untuk menentukan kualitas fisik dan kimia air sungai yang merupakan data utama dan data pendukung dalam model dinamis DO. *Sampling* air sungai kesatu dilakukan pada bulan April 2015 dan *sampling* kedua dilakukan pada bulan September 2015. Berikut kualitas fisik dan kimia air sungai pada *sampling* kesatu dan kedua disajikan dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Analisis Kualitas Air Sungai di Titik 4

Lokasi <i>Sampling</i> : Titik 4					
No.	Parameter	Baku Mutu	<i>Sampling 1</i>	<i>Sampling 2</i>	Satuan
1.	Suhu	Deviasi 3	24,2	-	°C
2.	pH	6-9	8,07	-	-
3.	DO	4	6,81	1,2	mg/L
4.	BOD	3	5	14,4	mg/L
5.	NO ₂	0,06	0,257	0,094	mg/L

No.	Parameter	Baku Mutu	<i>Sampling 1</i>	<i>Sampling 2</i>	Satuan
6.	NH ₃	0	0,13	14,73	mg/L
7.	K2	-	2,45	2,05	/hari

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Air pada lokasi 4 bersuhu 24,2 °C, yang mana diketahui memiliki konsentrasi DO jenuh sebesar 8,4 mg/L. Berdasarkan hasil analisis kualitas air sungai di titik 4, diketahui bahwa konsentrasi setiap parameter kualitas air berubah di setiap waktu pengambilan sample air. Tabel 4.4 memberikan informasi bahwa konsentrasi DO menurun pada *sampling 2* yang mewakili musim kemarau, sedangkan konsentrasi BOD, NO₂, dan NH₃ mengalami peningkatan.

4.1.5 Titik 5: Segmen Sungai IPAL Kota Lama

a. Kondisi di sekitar lokasi IPAL

IPAL Kota Lama melayani sambungan rumah sebanyak 20 KK. IPAL Kota Lama terletak 50 meter dari tepi sungai di sisi kanan Sungai Brantas. Kota Lama merupakan wilayah perdagangan, industri, dan perkantoran. Penduduk di wilayah ini cukup padat namun tidak semua penduduk memanfaatkan IPAL sebagai pengolah limbah cair domestik yang dihasilkan.

b. Hidrogeometri sungai

Sungai yang menjadi badan air penerima efluen IPAL Komunal Tlogomas memiliki lebar 11,3 m dengan kedalaman 0,85 m. Aliran air pada sungai tersebut memiliki kecepatan 0,159 m/s. Di sekitar lokasi badan air penerima efluen IPAL Kota Lama dijumpai banyak sampah domestik penduduk yang dibuang di pinggir sungai dan sebagian terikut dalam aliran sungai. Kondisi eksisting sungai dapat dilihat pada Gambar 4.12, Gambar 4.13, dan Gambar 4.14.



Gambar 4.12 Lokasi *Sampling* Titik 5 pada *Sampling* Kesatu



Gambar 4.13 Lokasi *Sampling* Titik 5 pada *Sampling* Kedua



Gambar 4.14 Kondisi di Sekitar Lokasi *Sampling* Titik 5

c. Kualitas air sungai di titik 5

Sampling air sungai dilakukan untuk menentukan kualitas fisik dan kimia air sungai. *Sampling* dilakukan di lokasi dengan koordinat $7^{\circ}59'50,2''$ LS , $112^{\circ}38'25,6''$ BT. *Sampling* air sungai kesatu dilakukan pada bulan April 2015 dan *sampling* kedua dilakukan pada bulan September 2015. Berikut kualitas fisik dan kimia air sungai pada *sampling* kesatu dan kedua disajikan dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Analisis Kualitas Air Sungai di Titik 5

Lokasi <i>Sampling</i> : Titik 5					
No.	Parameter	Baku Mutu	<i>Sampling 1</i>	<i>Sampling 2</i>	Satuan
1.	Suhu	Deviasi 3	25,1	-	°C
2.	pH	6-9	7,94	-	-
3.	DO	4	6,27	6,6	mg/L
4.	BOD	3	4	9,9	mg/L
5.	NO ₂	0,06	0,302	0,048	mg/L
6.	NH ₃	0	0,45	0,12	mg/L
7.	K2	-	1	1,8	/hari

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Air pada lokasi 5 bersuhu 25,1 °C, yang mana diketahui memiliki konsentrasi DO jenuh sebesar 8,2 mg/L. Berdasarkan hasil analisis kualitas air sungai di titik 5, diketahui bahwa konsentrasi setiap parameter kualitas air berubah di setiap waktu pengambilan sample air. Tabel 4.5 memberikan informasi bahwa konsentrasi DO menurun pada *sampling* 2 yang mewakili musim kemarau, sedangkan konsentrasi BOD, NO₂, dan NH₃ mengalami peningkatan.

4.1.6 Titik 6: Segmen Sungai IPAL Mergosono 1

a. Kondisi di sekitar lokasi IPAL

IPAL Mergosono 1 melayani sambungan rumah sebanyak 56 KK. IPAL Mergosono 1 terletak 50 meter dari tepi sungai di sisi kanan Sungai Brantas.

b. Hidrogeometri sungai

Sungai yang menjadi badan air penerima efluen IPAL Mergosono 1 memiliki lebar 12,5 m dengan kedalaman 0,8 m. Aliran air pada sungai tersebut memiliki kecepatan 0,565 m/s. Kondisi eksisting sungai dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Lokasi *Sampling* Titik 6 pada *Sampling* Kesatu

c. Kualitas air sungai di titik 6

Sampling air sungai dilakukan di lokasi dengan koordinat 7°59'50,73" LS, 112°38'13,1"BT. *Sampling* air sungai kesatu dilakukan pada bulan April 2015 dan *sampling* kedua dilakukan pada bulan September 2015. Berikut kualitas fisik dan kimia air sungai pada *sampling* kesatu dan kedua disajikan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Analisis Kualitas Air Sungai di Titik 6

Lokasi <i>Sampling</i> : Titik 6					
No.	Parameter	Baku Mutu	<i>Sampling 1</i>	<i>Sampling 2</i>	Satuan
1.	Suhu	Deviasi 3	25,4	-	°C
2.	pH	6-9	7,87	-	-
3.	DO	4	6,27	6,4	mg/L
4.	BOD	3	3	10,2	mg/L
5.	NO ₂	0,06	0,423	0,097	mg/L
6.	NH ₃	0	1,14	0,01	mg/L
7.	K2	-	1,8	1,5	/hari

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Air pada lokasi 6 bersuhu 25,4 °C, yang mana diketahui memiliki konsentrasi DO jenuh sebesar 8,2 mg/L. Berdasarkan hasil analisis kualitas air sungai di titik 6, diketahui bahwa konsentrasi setiap parameter kualitas air berubah di setiap waktu pengambilan sample air. Tabel 4.6 memberikan informasi bahwa konsentrasi DO menurun pada *sampling* 2 yang mewakili musim kemarau, sedangkan konsentrasi BOD, NO₂, dan NH₃ mengalami peningkatan.

4.1.7 Titik 7: Segmen Sungai IPAL Mergosono 2

a. Kondisi di sekitar lokasi IPAL

IPAL Mergosono 2 melayani sambungan rumah sebanyak 30 KK. IPAL Mergosono 2 terletak 150 meter dari tepi sungai di sisi kanan Sungai Brantas. Pada IPAL Mergosono 2 juga dilengkapi dengan pengolah lumpur tinja.

b. Hidrogeometri sungai

Sungai yang menjadi badan air penerima efluen IPAL Mergosono 2 memiliki lebar 32,4 m dengan kedalaman 0,8 m. Aliran air pada sungai tersebut memiliki kecepatan 1,08 m/s. Kondisi eksisting sungai dapat dilihat pada Gambar 4.16 dan Gambar 4.17.



Gambar 4.16 Lokasi *Sampling* Titik 7 pada *Sampling* Kedua



Gambar 4.17 Kondisi di Sekitar Lokasi *Sampling* Titik 7

c. Kualitas air sungai di titik 7

Pengambilan sampel dilakukan di lokasi dengan koordinat 8°00'14,7" LS, 112°38'00,6"BT. *Sampling* air sungai dilakukan untuk menentukan kualitas fisik dan kimia air sungai yang merupakan data utama dan data pendukung dalam model dinamis DO. *Sampling* air sungai kesatu dilakukan pada bulan April 2015 dan *sampling* kedua dilakukan pada bulan September 2015. Berikut kualitas fisik dan kimia air sungai pada *sampling* kesatu dan kedua disajikan dalam Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Analisis Kualitas Air Sungai di Titik 7

Lokasi <i>Sampling</i> : Titik 7					
No.	Parameter	Baku Mutu	<i>Sampling 1</i>	<i>Sampling 2</i>	Satuan
1.	Suhu	Deviasi 3	25,3	-	°C
2.	pH	6-9	7,58	-	-
3.	DO	4	6,45	6	mg/L
4.	BOD	3	5	12	mg/L
5.	NO ₂	0,06	0,244	0,105	mg/L
6.	NH ₃	0	0,35	0,12	mg/L
7.	K2	-	1,8	1,3	/hari

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Air pada lokasi 7 bersuhu 25,3°C, yang mana diketahui memiliki konsentrasi DO jenuh sebesar 8,2 mg/L. Berdasarkan hasil analisis kualitas air sungai di titik 7, diketahui bahwa konsentrasi setiap parameter kualitas air berubah di setiap waktu pengambilan sample air. Tabel 4.7 memberikan informasi bahwa konsentrasi DO menurun pada *sampling 2* yang mewakili musim kemarau, sedangkan konsentrasi BOD, NO₂, dan NH₃ mengalami peningkatan.

4.1.8 Titik 8: Segmen Sungai IPAL Gadang

a. Kondisi di sekitar lokasi IPAL

IPAL Gadang melayani sambungan rumah sebanyak 30 KK. IPAL Gadang terletak 200 meter dari tepi sungai di sisi kanan Sungai Brantas.

b. Hidrogeometri sungai

Sungai yang menjadi badan air penerima efluen IPAL Gadang memiliki lebar 5,4 m dengan kedalaman 0,9 m. Aliran air pada sungai tersebut memiliki kecepatan 0,9 m/s. Kondisi eksisting sungai dapat dilihat pada Gambar 4.18 dan gambar 4.19.



Gambar 4.18 Lokasi *Sampling* Titik 8 pada *Sampling* Kedua



Gambar 4.19 Kondisi di Sekitar Lokasi *Sampling* Titik 8

c. Kualitas air sungai di titik 8

Sampling air sungai dilakukan di lokasi dengan koordinat 8°01'54,1" LS, 112°37'45,7"BT. *Sampling* air sungai kesatu dilakukan pada bulan April 2015 dan *sampling* kedua dilakukan pada bulan September 2015. Berikut kualitas fisik dan kimia air sungai pada *sampling* kesatu dan kedua disajikan dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Analisis Kualitas Air Sungai di Titik 8

Lokasi <i>Sampling</i> : Titik 8					
No.	Parameter	Baku Mutu	<i>Sampling</i> 1	<i>Sampling</i> 2	Satuan
1.	Suhu	Deviasi 3	25,7	-	°C
2.	pH	6-9	7,65	-	-
3.	DO	4	6,36	2,6	mg/L
4.	BOD	3	3	15,9	mg/L
5.	NO ₂	0,06	0,217	0,712	mg/L
6.	NH ₃	0	0,52	12,27	mg/L
7.	K2	-	2	2	/hari

Sumber: Hasil Analisis, 2016

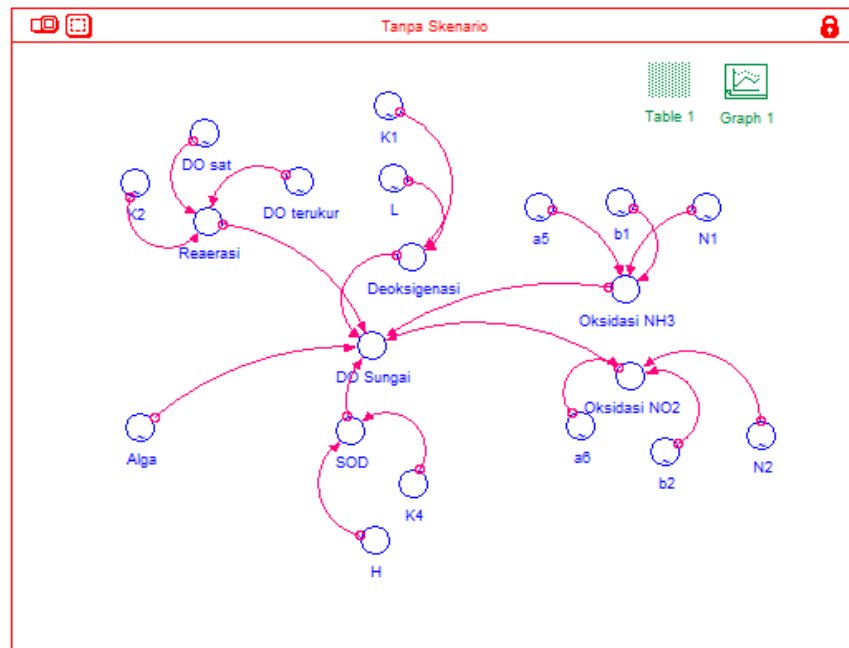
Air pada lokasi 8 bersuhu 25,7 °C, yang mana diketahui memiliki konsentrasi DO jenuh sebesar 8,2 mg/L. Berdasarkan hasil analisis kualitas air sungai di titik 8, diketahui bahwa konsentrasi setiap parameter kualitas air berubah di setiap waktu pengambilan sample air. Tabel 4.8 memberikan informasi bahwa konsentrasi DO menurun pada *sampling* 2 yang mewakili musim kemarau, sedangkan konsentrasi BOD, NO₂, dan NH₃ mengalami peningkatan.

4.2 Hasil pemodelan kualitas air

Pemodelan kualitas air dilakukan dengan menggunakan *software* model dinamis Stella. *Software* Stella digunakan agar kualitas air di lokasi studi dapat dimodelkan berdasarkan data kualitas air yang *time series*, sehingga dapat diketahui dinamika perubahan kualitas air dan sebagai acuan untuk memprediksi kualitas air pada waktu mendatang.

4.2.1 Formulasi dan strukturisasi model dinamis DO

Strukturisasi dan formulasi model merupakan pembangunan struktur model dan penyatuan formulasi kinetika DO sungai. Penyatuan formulasi ini perlu dilakukan untuk mendapatkan formulasi yang terintegrasi sehingga dapat diketahui perubahan kinetika DO sungai yang disebabkan oleh variabel-variabel penyusunnya. Berikut struktur model kinetika DO sungai.



Gambar 4.20 Struktur Model Dinamis DO

Gambar 4.20 menunjukkan hubungan antar variabel yang mempengaruhi nilai DO dalam air sungai. Hubungan tersebut dapat direpresentasikan dalam rumus perhitungan konsentrasi DO berikut.

$$\frac{dO}{dt} = K_2(O_{sat} - O) + (\alpha_3 \rho - \alpha_4 \rho) Gn - K_1 L - \frac{K_4}{H} - \alpha_5 \beta_1 N_1 - \alpha_5 \beta_2 N_2 \dots \text{Persamaan (1)}$$

4.2.2 Kalibrasi model dinamis DO

Kalibrasi model dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap hasil simulasi model yang dicocokkan dengan data eksisting yaitu data pantau Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Malang. Parameter yang divariasikan untuk mendapatkan kecocokan terhadap data eksisting adalah laju reaerasi (K2), laju pengambilan oksigen sedimen (K4), dan selisih antara produksi oksigen dari fotosintesis alga dan kebutuhan oksigen untuk respirasi alga (Alga). Setelah dilakukan kalibrasi maka didapat nilai laju reaerasi (K2) berkisar antara 0,8/hari-2,7/hari, laju pengambilan oksigen sedimen (K4) berkisar antara 1/hari-5/hari, dan selisih antara produksi oksigen dari

fotosintesis alga dan kebutuhan oksigen untuk respirasi alga (Alga) berkisar antara 0,7 mg/l -6,95 mg/l. Hasil kalibrasi dapat dilihat pada Lampiran 1 tentang data input model dinamis DO.

4.2.3 Hasil simulasi dan validasi model dinamis DO

Metode yang digunakan adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) berdasarkan konsentrasi efluen yang telah dianalisa dan yang diprediksi oleh model. MAPE merupakan rata-rata absolut dari kesalahan terhadap prediksi model, dihitung berdasarkan Persamaan (2). Nilai optimal parameter pada model dipilih berdasarkan nilai MAPE terendah dan hasil model yang dapat diterima. Uji ini juga digunakan untuk mengetahui kesesuaian data hasil prakiraan dengan data aktual. Kriteria ketepatan model dengan uji MAPE (Lomauro dan Bakshi, 1985; dalam Somantri, 2005; dalam Somantri dan Thahir, 2007) adalah:

MAPE < 5% : sangat tepat

5% < MAPE < 10% : tepat

MAPE > 10% : tidak tepat

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \frac{|X_m - X_d|}{X_d} \times 100\% \dots\dots\dots \text{Persamaan (2)}$$

Dimana:

X_m : Konsentrasi DO sesuai model

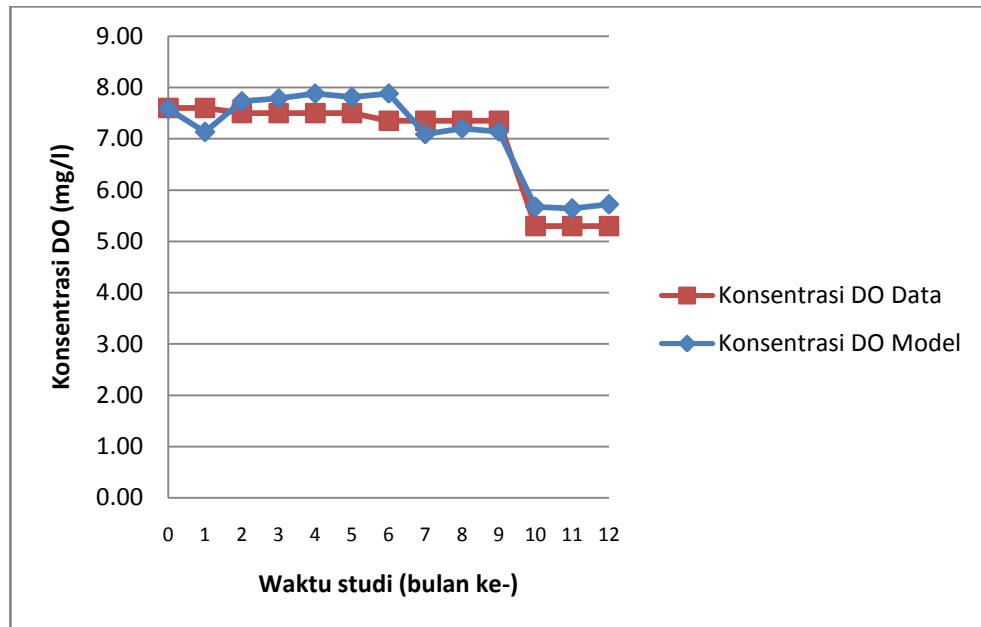
X_d : Konsentrasi DO sesuai data

n : jumlah data

a. Hasil simulasi model dinamis DO pada lokasi 1

Simulasi model dinamis DO pada lokasi 1 dilakukan dengan menggunakan data primer dan sekunder. Data primer yang digunakan adalah data hasil analisis sampel air, sedangkan data sekunder yang digunakan adalah data hasil pemantauan air oleh Badan Lingkungan Hidup Kota Malang dan Perusahaan Air Minum Jasa Tirta. Hasil

simulasi model dinamis DO pada lokasi 1 dapat dilihat pada Gambar 4.21 berikut.



Gambar 4.21 Hasil Simulasi Model Dinamis DO pada Lokasi 1

Hasil simulasi pada Gambar 4.21 menunjukkan dinamika konsentrasi DO selama kurun waktu 12 bulan. Terlihat bahwa konsentrasi DO tertinggi terjadi bulan keempat dan keenam yaitu 7,88 mg/l dan konsentrasi DO terendah terjadi pada bulan kesebelas yaitu 5,64 mg/l. Model dinamis DO pada lokasi 1 telah divalidasi sesuai dengan perhitungan MAPE. Hasil validasi model dinamis DO pada lokasi 1 dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Validasi Model Dinamis DO pada Lokasi 1

Bulan	Xm	Xd	Xm-Xd	(Xm-Xd)/Xd
0.	7,58	7,60	0,02	0,003
1.	7,13	7,60	0,47	0,062
2.	7,73	7,50	0,23	0,031
3.	7,79	7,50	0,29	0,039
4.	7,88	7,50	0,38	0,051
5.	7,81	7,50	0,31	0,041
6.	7,88	7,35	0,53	0,072
7.	7,09	7,35	0,26	0,035

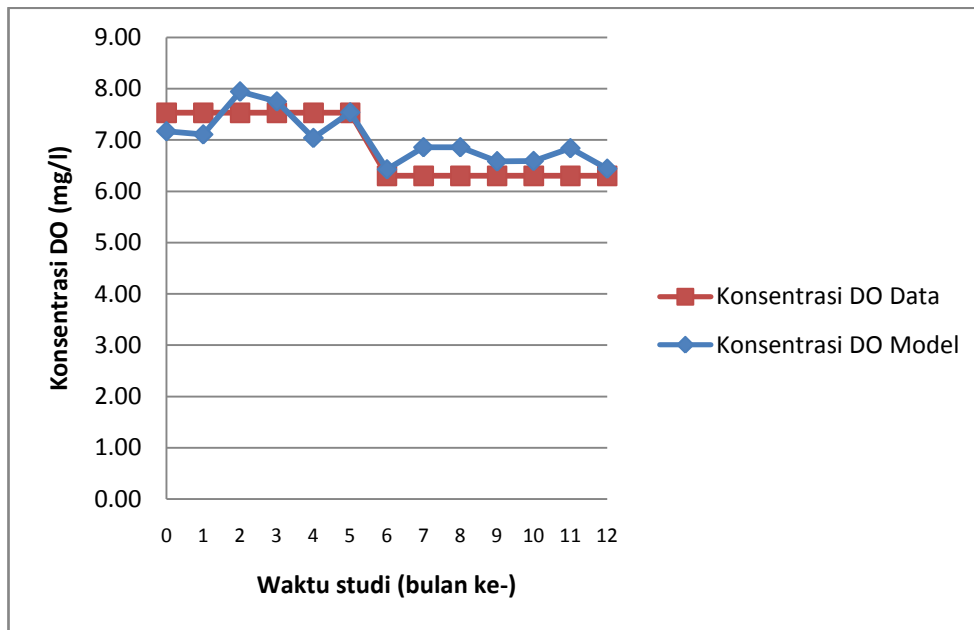
Bulan	Xm	Xd	Xm-Xd	(Xm-Xd)/Xd
8.	7,20	7,35	0,15	0,020
9.	7,14	7,35	0,21	0,029
10.	5,67	5,30	0,37	0,070
11.	5,64	5,30	0,34	0,064
12.	5,72	5,30	0,42	0,079
Total				0,595
MAPE (%)				4,581

Berdasarkan hasil perhitungan di atas nilai MAPE yang didapatkan adalah 4,581% dan masuk dalam kategori sangat tepat. Nilai MAPE yang menunjukkan ketepatan kalibrasi memberikan informasi bahwa nilai konsentrasi DO model sangat akurat terhadap data konsentrasi DO data acuan.

Hasil simulasi menunjukkan penurunan konsentrasi DO pada musim kemarau. Hal ini dapat terjadi karena pada musim kemarau debit air sungai mengalami penurunan sehingga konsentrasi bahan pencemar dalam air sungai menjadi lebih tinggi. Konsentrasi zat pencemar seperti BOD, SOD, NH₃, dan NO₂ yang tinggi mengakibatkan konsumsi DO untuk degradasi menjadi lebih besar, hal tersebut yang membuat konsentrasi DO menurun.

b. Hasil simulasi model dinamis DO pada lokasi 2

Lokasi 2 merupakan segmen sungai penerima efluen IPAL Tlogomas 2. Lokasi ini merupakan lokasi permukiman penduduk yang tidak terlalu padat. Berdasarkan hasil analisis data sekunder yaitu hasil pemantauan kualitas air oleh BLH Kota Malang, konsentrasi DO pada musim hujan tahun 2014 adalah sebesar 8,2 mg/l dan menurun menjadi 7,2 mg/l pada musim kemarau tahun 2014. Dengan didukung data tersebut, maka simulasi dan kalibrasi model dinamis DO pada lokasi ini dapat dilakukan. Hasil simulasi model dinamis DO pada lokasi 2 dapat dilihat pada Gambar 4.22 berikut.



Gambar 4.22 Hasil Simulasi Model Dinamis DO pada Lokasi 2

Hasil simulasi pada Gambar 4.22 menunjukkan perubahan konsentrasi DO selama kurun waktu 12 bulan tidak statis, artinya konsentrasi DO tidak selalu mengalami peningkatan maupun penurunan. Terlihat bahwa konsentrasi DO tertinggi terjadi bulan kedua yaitu 7,94 mg/l dan konsentrasi DO terendah terjadi pada bulan keenam yaitu 6,43 mg/l. Model dinamis DO pada lokasi 2 telah divalidasi sesuai dengan perhitungan MAPE. Hasil validasi model dinamis DO pada lokasi 2 dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Validasi Model Dinamis DO pada Lokasi 2

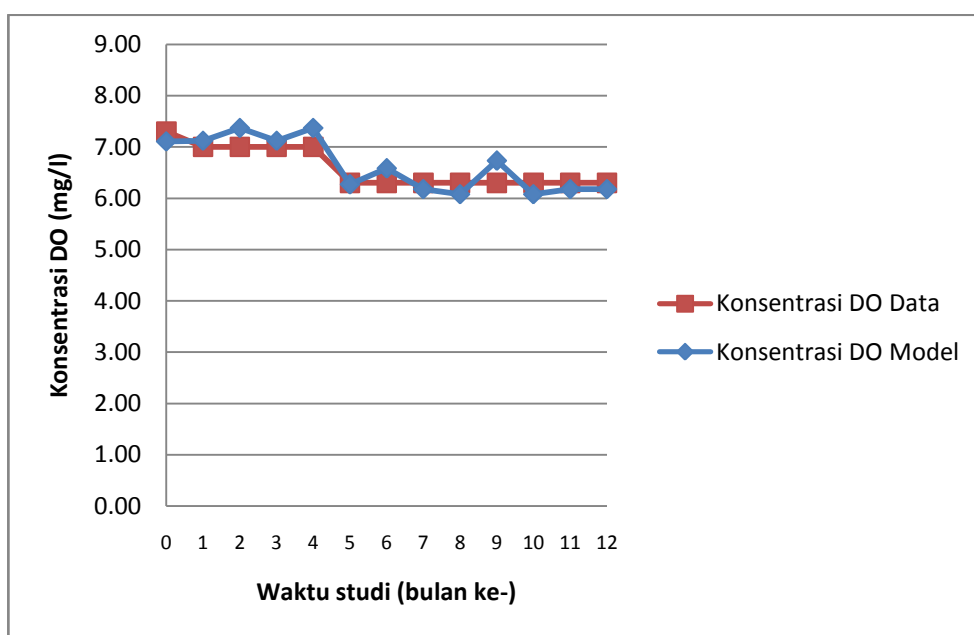
Bulan	Xm	Xd	Xm-Xd	(Xm-Xd)/Xd
0.	7,17	7,53	0,36	0,048
1.	7,11	7,53	0,42	0,056
2.	7,94	7,53	0,41	0,054
3.	7,75	7,53	0,22	0,029
4.	7,04	7,53	0,49	0,065
5.	7,54	7,53	0,01	0,001
6.	6,43	6,30	0,13	0,021
7.	6,86	6,30	0,56	0,089
8.	6,86	6,30	0,56	0,089

Bulan	Xm	Xd	Xm-Xd	(Xm-Xd)/Xd
9.	6,58	6,30	0,28	0,044
10.	6,59	6,30	0,29	0,046
11.	6,84	6,30	0,54	0,086
12.	6,44	6,30	0,14	0,022
Total				0,650
MAPE (%)				5,004

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, nilai MAPE yang didapatkan adalah 5,004% dan masuk dalam kategori tepat. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi DO model dapat dikatakan representatif terhadap konsentrasi DO data acuan. Hasil simulasi memperlihatkan dinamika konsentrasi DO pada setiap bulan, namun dari dinamika ini terlihat bahwa konsentrasi DO menurun pada musim kemarau. Bila dibandingkan dengan data BLH Kota Malang, terlihat konsentrasi DO model lebih rendah ± 1 mg/l dan memiliki selisih $\pm 0,5$ mg/l dengan data hasil *sampling*. Hal ini dapat terjadi akibat perbedaan waktu pengambilan sampel air dan perbedaan analisis di laboratorium.

c. Hasil simulasi model dinamis DO pada lokasi 3

Hasil simulasi model dinamis DO pada lokasi 3 dapat dilihat pada Gambar 4.23 berikut.



Gambar 4.23 Hasil Simulasi Model Dinamis DO pada Lokasi 3

Hasil simulasi pada Gambar 4.23 menunjukkan penurunan konsentrasi DO yang cukup tinggi pada bulan kelima. Terlihat bahwa konsentrasi DO tertinggi terjadi bulan kedua dan keempat yaitu 7,27 mg/l dan konsentrasi DO terendah terjadi pada bulan kedelapan dan kesepuluh yaitu 6,08 mg/l. Model dinamis DO pada lokasi 3 telah divalidasi sesuai dengan perhitungan MAPE. Hasil validasi model dinamis DO pada lokasi 3 dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Validasi Model Dinamis DO pada Lokasi 3

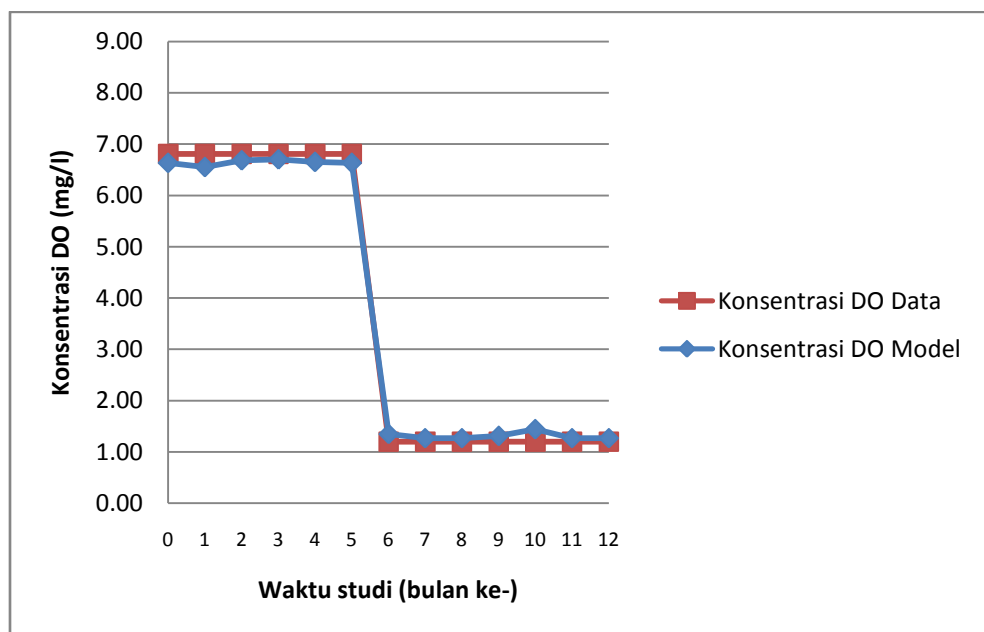
Bulan	Xm	Xd	Xm-Xd	(Xm-Xd)/Xd
0.	7,11	7,30	0,19	0,026
1.	7,12	7,00	0,12	0,017
2.	7,37	7,00	0,37	0,053
3.	7,12	7,00	0,12	0,017
4.	7,37	7,00	0,37	0,053
5.	6,27	6,30	0,03	0,005
6.	6,58	6,30	0,28	0,044
7.	6,18	6,30	0,12	0,019
8.	6,08	6,30	0,22	0,035
9.	6,73	6,30	0,43	0,068

Bulan	Xm	Xd	Xm-Xd	(Xm-Xd)/Xd
10.	6,08	6,30	0,22	0,035
11.	6,18	6,30	0,12	0,019
12.	6,18	6,30	0,12	0,019
Total				0,410
MAPE (%)				3,157

Berdasarkan hasil perhitungan di atas nilai MAPE yang didapatkan adalah 3,157% dan masuk dalam kategori sangat tepat.

d. Hasil simulasi model dinamis DO pada lokasi 4

Simulasi pada titik 4 menggunakan data sekunder untuk melengkapi simulasi pada bulan sebelum dilakukannya studi, dengan kata lain data sekunder digunakan untuk simulasi pada bulan ke-0. Data *sampling* Bulan April digunakan untuk simulasi pada bulan ke-1 hingga bulan ke-6, sedangkan data Bulan September digunakan untuk simulasi pada bulan ke-7 hingga ke-12. Hasil simulasi model dinamis DO pada lokasi 4 dapat dilihat pada Gambar 4.24 berikut.



Gambar 4.24 Hasil Simulasi Model Dinamis DO pada Lokasi 4

Hasil simulasi menunjukkan kesamaan konsentrasi DO karena data yang digunakan pada dalam 6 bulan adalah sama, sehingga dalam musim penghujan konsentrasi DO cenderung statis, begitu juga pada musim kemarau. Gambar 4.24 menunjukkan penurunan konsentrasi DO yang sangat tajam di bulan keenam. Konsentrasi DO turun dari 6,63 mg/l menjadi 1,35 mg/l. Hal ini terjadi karena data *sampling* juga menunjukkan penurunan yang tajam yaitu 6,81 mg/l pada musim hujan dan turun menjadi 1,2 mg/l pada musim kemarau. Hal ini sangat berbeda dengan hasil pemantauan kualitas air oleh BLH Kota Malang. Hasil pemantauan tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi DO adalah sebesar 7,8 mg/l pada musim kemarau dan 5,2 mg/l pada musim hujan. Penurunan yang tajam pada data *sampling* dapat terjadi akibat pembuangan air limbah dengan konsentrasi tinggi, namun hanya sesaat. *Sample* air menunjukkan bahwa air sungai mengandung BOD sebesar 14,4 mg/l dan NH_3 sebesar 14,73 mg/l. Konsentrasi BOD dan NH_3 tersebut membuat konsumsi DO untuk degradasi semakin tinggi sehingga DO dalam badan air menjadi sangat rendah. Air limbah dengan konsentrasi tinggi ini dapat berasal dari kegiatan industri rumah tangga di sekitar lokasi *sampling* mengingat di sekitar lokasi terdapat beberapa industri rumah tangga seperti *laundry*, pabrik kerupuk, bengkel, dan lain-lain. Air limbah bukan berasal dari limbah domestik yang merupakan efluen IPAL komunal karena berdasarkan data sekunder efluen IPAL telah sesuai dengan baku mutu.

Model dinamis DO pada lokasi 4 telah divalidasi sesuai dengan perhitungan MAPE. Hasil validasi model dinamis DO pada lokasi 4 dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Validasi Model Dinamis DO pada Lokasi 4

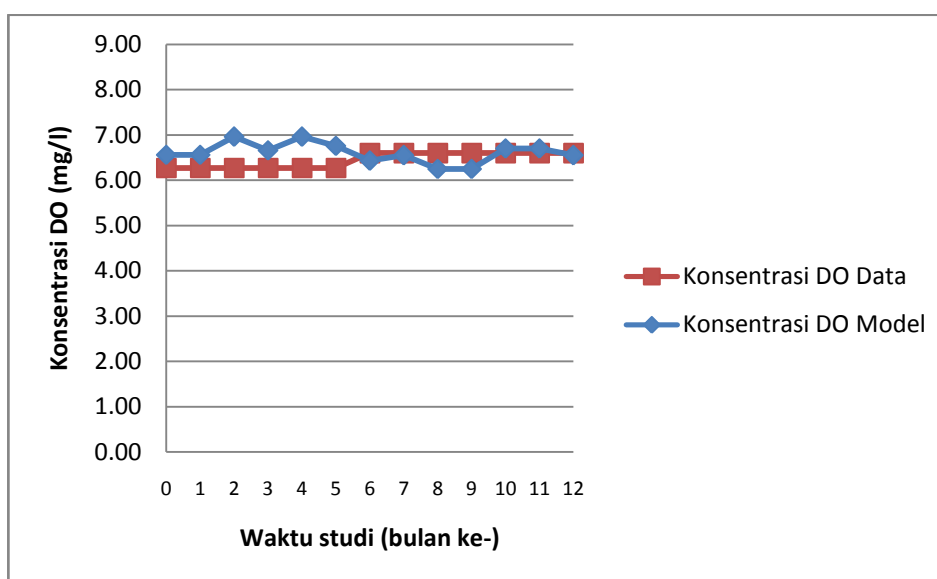
Bulan	X_m	X_d	$X_m - X_d$	$(X_m - X_d)/X_d$
0.	6,63	6,81	0,18	0,026
1.	6,55	6,81	0,26	0,038
2.	6,68	6,81	0,13	0,019

Bulan	Xm	Xd	Xm-Xd	(Xm-Xd)/Xd
3.	6,70	6,81	0,11	0,016
4.	6,65	6,81	0,16	0,023
5.	6,63	6,81	0,18	0,026
6.	1,35	1,20	0,15	0,125
7.	1,27	1,20	0,07	0,058
8.	1,27	1,20	0,07	0,058
9.	1,31	1,20	0,11	0,092
10.	1,44	1,20	0,24	0,200
11.	1,27	1,20	0,07	0,058
12.	1,27	1,20	0,07	0,058
Total				0,800
MAPE (%)				6,152

Berdasarkan hasil perhitungan di atas nilai MAPE yang didapatkan adalah 6,152% dan masuk dalam kategori tepat.

e. Hasil simulasi model dinamis DO pada lokasi 5

Simulasi pada titik 5 menggunakan data sekunder untuk melengkapi simulasi pada bulan sebelum dilakukannya studi, dengan kata lain data sekunder digunakan untuk simulasi pada bulan ke-0. Data *sampling* Bulan April digunakan untuk simulasi pada bulan ke-1 hingga bulan ke-6, sedangkan data Bulan September digunakan untuk simulasi pada bulan ke-7 hingga ke-12. Hasil simulasi model dinamis DO pada lokasi 5 dapat dilihat pada Gambar 4.25 berikut.



Gambar 4.25 Hasil Simulasi Model Dinamis DO pada Lokasi 5

Hasil simulasi menunjukkan kesamaan konsentrasi DO karena data yang digunakan pada dalam 6 bulan adalah sama, sehingga dalam musim penghujan konsentrasi DO cenderung statis, begitu juga pada musim kemarau. Hasil simulasi pada Gambar 4.25 menunjukkan dinamika konsentrasi DO selama kurun waktu 12 bulan. Terlihat bahwa konsentrasi DO tertinggi terjadi bulan keempat yaitu 6,96 mg/l dan konsentrasi DO terendah terjadi pada bulan kedelapan yaitu 6,25 mg/l. Model dinamis DO pada lokasi 5 telah divalidasi sesuai dengan perhitungan MAPE. Hasil validasi model dinamis DO pada lokasi 5 dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Validasi Model Dinamis DO pada Lokasi 5

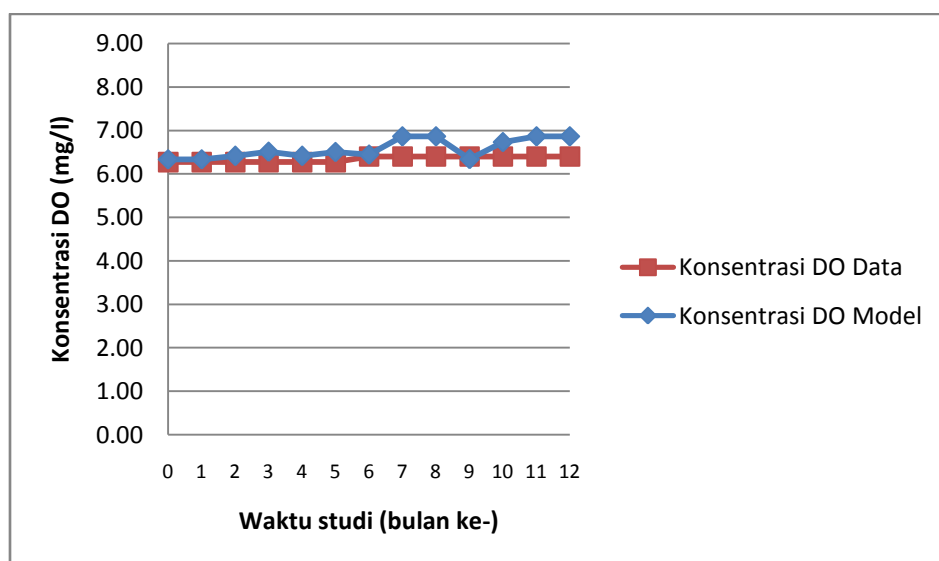
Bulan	Xm	Xd	Xm-Xd	(Xm-Xd)/Xd
0.	6,56	6,27	0,29	0,046
1.	6,56	6,27	0,29	0,046
2.	6,96	6,27	0,69	0,110
3.	6,66	6,27	0,39	0,062
4.	6,96	6,27	0,69	0,110
5.	6,76	6,27	0,49	0,078
6.	6,43	6,60	0,17	0,026

Bulan	Xm	Xd	Xm-Xd	(Xm-Xd)/Xd
7.	6,55	6,60	0,05	0,008
8.	6,25	6,60	0,35	0,053
9.	6,25	6,60	0,35	0,053
10.	6,70	6,60	0,1	0,015
11.	6,70	6,60	0,1	0,015
12.	6,55	6,60	0,05	0,008
Total				0,630
MAPE (%)				4,848

Berdasarkan hasil perhitungan di atas nilai MAPE yang didapatkan adalah 4,848% dan masuk dalam kategori sangat tepat.

f. Hasil simulasi model dinamis DO pada lokasi 6

Simulasi pada titik 6 menggunakan data sekunder untuk melengkapi simulasi pada bulan sebelum dilakukannya studi, dengan kata lain data sekunder digunakan untuk simulasi pada bulan ke-0. Data *sampling* Bulan April digunakan untuk simulasi pada bulan ke-1 hingga bulan ke-6, sedangkan data Bulan September digunakan untuk simulasi pada bulan ke-7 hingga ke-12. Hasil simulasi model dinamis DO pada lokasi 6 dapat dilihat pada Gambar 4.26 berikut.



Gambar 4.26 Hasil Simulasi Model Dinamis DO pada Lokasi 6

Hasil simulasi pada Gambar 4.26 menunjukkan konsentrasi DO selama kurun waktu 12 bulan pada lokasi 6 cukup homogen. Hasil simulasi menunjukkan kesamaan konsentrasi DO karena data yang digunakan pada dalam 6 bulan adalah sama, sehingga dalam musim penghujan konsentrasi DO cenderung statis, begitu juga pada musim kemarau. Terlihat bahwa konsentrasi DO tertinggi terjadi bulan ketujuh yaitu 6,86 mg/l dan konsentrasi DO terendah terjadi pada bulan kedua yaitu 6,33 mg/l. Lokasi 6 dapat dikatakan memiliki konsentrasi DO yang cukup stabil di musim hujan maupun musim kemarau. Hal ini didukung oleh hasil *sampling* yang memperlihatkan fluktuasi konsentrasi DO tidak terlalu besar. Model dinamis DO pada lokasi 6 telah divalidasi sesuai dengan perhitungan MAPE. Hasil validasi model dinamis DO pada lokasi 6 dapat dilihat pada Tabel 4.14.

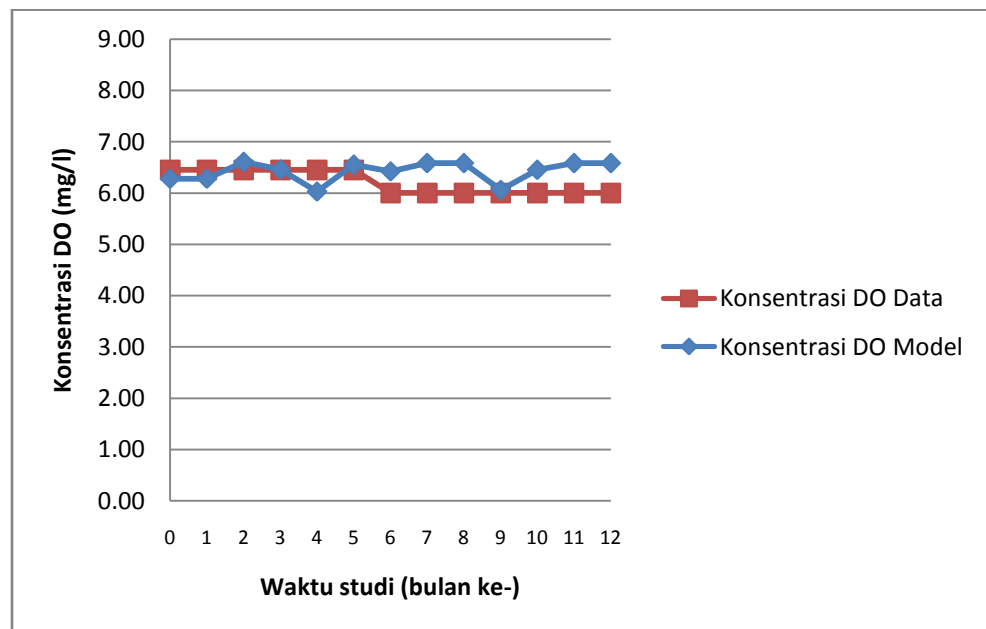
Tabel 4.14 Hasil Validasi Model Dinamis DO pada Lokasi 6

Bulan	Xm	Xd	Xm-Xd	(Xm-Xd)/Xd
0.	6,33	6,27	0,06	0,010
1.	6,33	6,27	0,06	0,010
2.	6,41	6,27	0,14	0,022
3.	6,51	6,27	0,24	0,038
4.	6,41	6,27	0,14	0,022
5.	6,5	6,27	0,23	0,037
6.	6,44	6,40	0,04	0,006
7.	6,86	6,40	0,46	0,072
8.	6,86	6,40	0,46	0,072
9.	6,34	6,40	0,06	0,009
10.	6,73	6,40	0,33	0,052
11.	6,86	6,40	0,46	0,072
12.	6,86	6,40	0,46	0,072
Total				0,493
MAPE (%)				3,796

Berdasarkan hasil perhitungan di atas nilai MAPE yang didapatkan adalah 3,796% dan masuk dalam kategori sangat tepat.

g. Hasil simulasi model dinamis DO pada lokasi 7

Simulasi pada titik 7 menggunakan data sekunder untuk melengkapi simulasi pada bulan sebelum dilakukannya studi, dengan kata lain data sekunder digunakan untuk simulasi pada bulan ke-0. Data *sampling* Bulan April digunakan untuk simulasi pada bulan ke-1 hingga bulan ke-6, sedangkan data Bulan September digunakan untuk simulasi pada bulan ke-7 hingga ke-12. Hasil simulasi model dinamis DO pada lokasi 7 dapat dilihat pada Gambar 4.27 berikut.



Gambar 4.27 Hasil Simulasi Model Dinamis DO pada Lokasi 7

Hasil simulasi pada Gambar 4.27 menunjukkan fluktuasi konsentrasi DO selama kurun waktu 12 bulan tidak terlalu besar. Hasil simulasi menunjukkan kesamaan konsentrasi DO karena data yang digunakan pada dalam 6 bulan adalah sama, sehingga dalam musim penghujan konsentrasi DO cenderung statis, begitu juga pada musim kemarau. Terlihat bahwa konsentrasi DO tertinggi terjadi bulan ketujuh yaitu 6,58 mg/l dan konsentrasi DO terendah terjadi pada bulan keempat yaitu 6,03 mg/l. Model dinamis DO pada lokasi 7 telah divalidasi sesuai dengan perhitungan MAPE. Hasil validasi model dinamis DO pada lokasi 7 dapat dilihat pada Tabel 4.15.

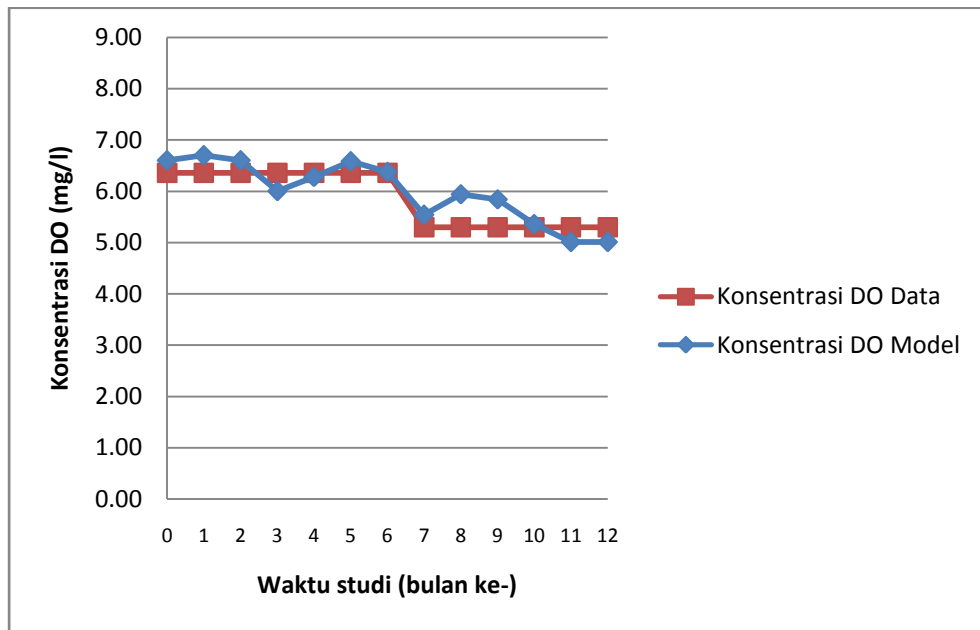
Tabel 4.15 Hasil Validasi Model Dinamis DO pada Lokasi 7

Bulan	Xm	Xd	Xm-Xd	(Xm-Xd)/Xd
0.	6,28	6,45	0,17	0,026
1.	6,28	6,45	0,17	0,026
2.	6,61	6,45	0,16	0,025
3.	6,46	6,45	0,01	0,002
4.	6,03	6,45	0,42	0,065
5.	6,55	6,45	0,1	0,016
6.	6,42	6,00	0,42	0,070
7.	6,58	6,00	0,58	0,097
8.	6,58	6,00	0,58	0,097
9.	6,06	6,00	0,06	0,010
10.	6,45	6,00	0,45	0,075
11.	6,58	6,00	0,58	0,097
12.	6,58	6,00	0,58	0,097
Total				0,701
MAPE (%)				5,395

Berdasarkan hasil perhitungan di atas nilai MAPE yang didapatkan adalah 5,395% dan masuk dalam kategori tepat.

h. Hasil simulasi model dinamis DO pada lokasi 8

Simulasi pada titik 8 menggunakan data sekunder untuk melengkapi simulasi pada bulan sebelum dilakukannya studi, dengan kata lain data sekunder digunakan untuk simulasi pada bulan ke-0. Data *sampling* Bulan April digunakan untuk simulasi pada bulan ke-1 hingga bulan ke-6, sedangkan data Bulan September digunakan untuk simulasi pada bulan ke-7 hingga ke-12. Hasil simulasi model dinamis DO pada lokasi 8 dapat dilihat pada Gambar 4.28 berikut.



Gambar 4.28 Hasil Simulasi Model Dinamis DO pada Lokasi 8

Hasil simulasi pada Gambar 4.28 menunjukkan kesamaan konsentrasi DO karena data yang digunakan pada dalam 6 bulan adalah sama, sehingga dalam musim penghujan konsentrasi DO cenderung statis, begitu juga pada musim kemarau. Terlihat bahwa konsentrasi DO tertinggi terjadi bulan kedua yaitu 6,7 mg/l dan konsentrasi DO terendah terjadi pada bulan kesebelas yaitu 5,01 mg/l. Model dinamis DO pada lokasi 8 telah divalidasi sesuai dengan perhitungan MAPE. Hasil validasi model dinamis DO pada lokasi 8 dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil Validasi Model Dinamis DO pada Lokasi 8

Bulan	Xm	Xd	Xm-Xd	(Xm-Xd)/Xd
0.	6,60	6,36	0,24	0,038
1.	6,70	6,36	0,34	0,053
2.	6,60	6,36	0,24	0,038
3.	6,00	6,36	0,36	0,057
4.	6,28	6,36	0,08	0,013
5.	6,58	6,36	0,22	0,035
6.	6,38	6,36	0,02	0,003
7.	5,54	5,30	0,24	0,045
8.	5,94	5,30	0,64	0,121

Bulan	Xm	Xd	Xm-Xd	(Xm-Xd)/Xd
9.	5,84	5,30	0,54	0,102
10.	5,36	5,30	0,06	0,011
11.	5,01	5,30	0,29	0,055
12.	5,01	5,30	0,29	0,055
Total				0,625
MAPE (%)				4,804

Berdasarkan hasil perhitungan di atas nilai MAPE yang didapatkan adalah 4,804% dan masuk dalam kategori sangat tepat.

4.3 Skenario model dinamis DO

4.3.1 Skenario simulasi model dinamis DO

Berdasarkan hasil pemodelan kualitas air, diketahui bahwa konsentrasi DO menurun pada musim kemarau pada semua lokasi studi. Penurunan konsentrasi DO ini dapat mengakibatkan berkurangnya cadangan DO dalam badan air, sehingga memperlambat laju degradasi polutan. Berdasarkan keadaan tersebut dapat dikatakan pada musim kemarau, kondisi air sungai menjadi lebih buruk dibandingkan musim hujan.

Simulasi diperlukan untuk melihat pengaruh suatu perlakuan atau suatu kondisi tertentu terhadap variabel-variabel pada lokasi studi. Pada pengembangan model ini akan dilakukan simulasi terhadap empat skenario, sebagai berikut.

- Skenario 1 : Laju reaerasi sangat rendah sesuai rentang perhitungan yang didapatkan dalam model dinamis
- Skenario 2 : Nilai selisih proses fotosintesis dan respirasi alga rendah sesuai rentang perhitungan yang didapatkan dalam model dinamis
- Skenario 3 : Skenario 1 dan 2 terjadi bersamaan

Skenario 1 dibuat untuk mengetahui kemampuan sungai dalam mempertahankan DO pada kondisi aerasi yang minimal yang mana dapat terjadi akibat debit air sungai minimum, sedimentasi dasar sungai, perubahan morfologi sungai, dan terhambatnya aliran air akibat sampah yang dibuang ke sungai.

Skenario 2 dibuat untuk mengetahui kemampuan sungai dalam mempertahankan DO pada kondisi produksi oksigen oleh alga yang minimal.

Skenario 3 dibuat untuk meninjau kombinasi dari kedua skenario sebelumnya. Pada skenario 3 sungai diasumsikan dalam kondisi kritis karena proses yang menghasilkan oksigen terjadi dengan sangat minimal.

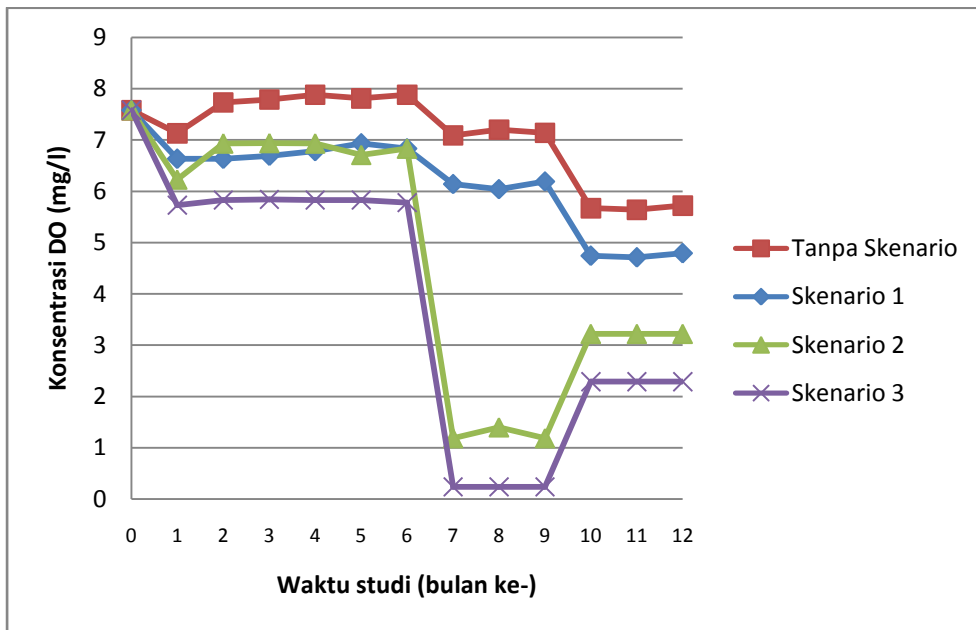
4.3.2 Hasil simulasi model dinamis DO sesuai skenario

a. Hasil simulasi model dinamis DO sesuai skenario pada titik 1

Model dinamis DO telah disimulasikan sesuai dengan skenario yang dijelaskan pada subbab sebelumnya. Simulasi berdasarkan skenario menggunakan model yang sama, namun konsentrasi beberapa parameter diubah sesuai dengan kriteria tiap skenario. Berikut hasil simulasi model dinamis DO pada titik 1 dapat dilihat pada Tabel 4.17 dan Gambar 4.29.

Tabel 4.17 Hasil Simulasi Model Dinamis DO dengan Skenario Titik 1

Bulan	Perbandingan Konsentrasi DO (mg/l)			
	Tanpa Skenario	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
0	7,58	7,58	7,58	7,58
1	7,13	6,63	6,23	5,73
2	7,73	6,63	6,93	5,83
3	7,79	6,69	6,94	5,84
4	7,88	6,78	6,93	5,83
5	7,81	6,93	6,71	5,83
6	7,88	6,83	6,83	5,78
7	7,09	6,14	1,19	0,24
8	7,2	6,04	1,4	0,24
9	7,14	6,19	1,19	0,24
10	5,67	4,74	3,22	2,29
11	5,64	4,71	3,22	2,29
12	5,72	4,79	3,22	2,29



Gambar 4.29 Grafik Perbandingan Konsentrasi DO di Titik 1

Berdasarkan hasil analisis di atas, diketahui bahwa konsentrasi DO mengalami penurunan di bulan ketujuh. Simulasi juga memperlihatkan bahwa konsentrasi DO minimum yang dapat terjadi pada skenario 3 adalah 0,24 mg/l.

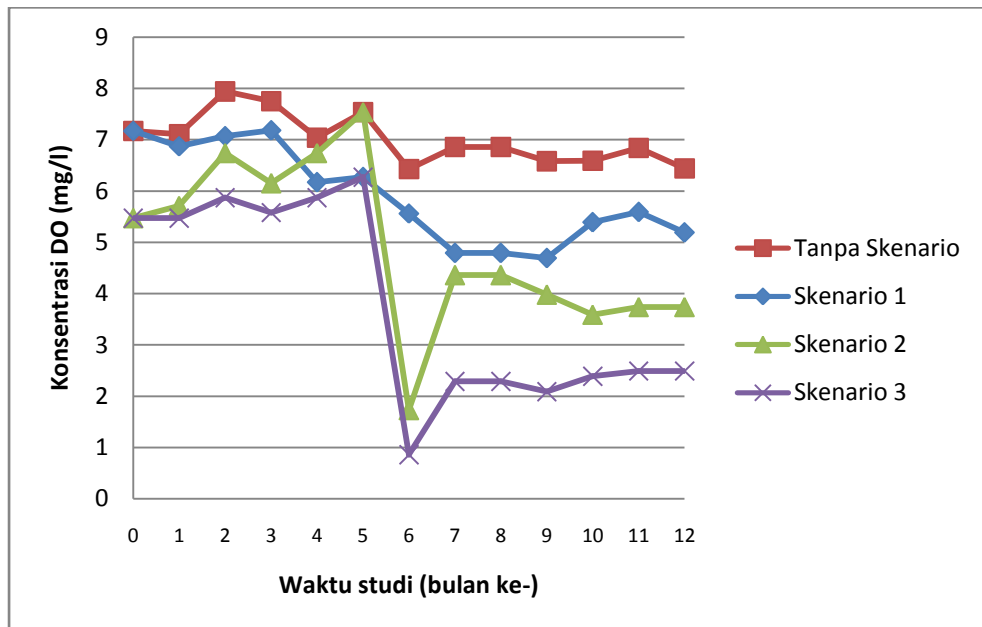
b. Hasil simulasi model dinamis DO sesuai skenario pada titik 2

Model dinamis DO telah disimulasikan sesuai dengan skenario yang dijelaskan pada subbab sebelumnya. Simulasi berdasarkan skenario menggunakan model yang sama, namun konsentrasi beberapa parameter diubah sesuai dengan kriteria tiap skenario. Berikut hasil simulasi model dinamis DO pada titik 2 dapat dilihat pada Tabel 4.18 dan Gambar 4.30.

Tabel 4.18 Hasil Simulasi Model Dinamis DO dengan Skenario Titik 2

Bulan	Perbandingan Konsentrasi DO (mg/l)			
	Tanpa Skenario	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
0	7,17	7,17	5,47	5,47
1	7,11	6,87	5,71	5,47
2	7,94	7,07	6,74	5,87
3	7,75	7,18	6,15	5,58
4	7,04	6,17	6,74	5,87

Bulan	Perbandingan Konsentrasi DO (mg/l)			
	Tanpa Skenario	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
5	7,54	6,27	7,54	6,27
6	6,43	5,56	1,73	0,86
7	6,86	4,79	4,36	2,29
8	6,86	4,79	4,36	2,29
9	6,58	4,69	3,98	2,09
10	6,59	5,39	3,59	2,39
11	6,84	5,59	3,74	2,49
12	6,44	5,19	3,74	2,49



Gambar 4.30 Grafik Perbandingan Konsentrasi DO di Titik 2

Berdasarkan hasil analisis di atas, diketahui bahwa konsentrasi DO mengalami penurunan di bulan keenam. Simulasi juga memperlihatkan bahwa konsentrasi DO minimum yang dapat terjadi pada skenario 3 adalah 0,86 mg/l.

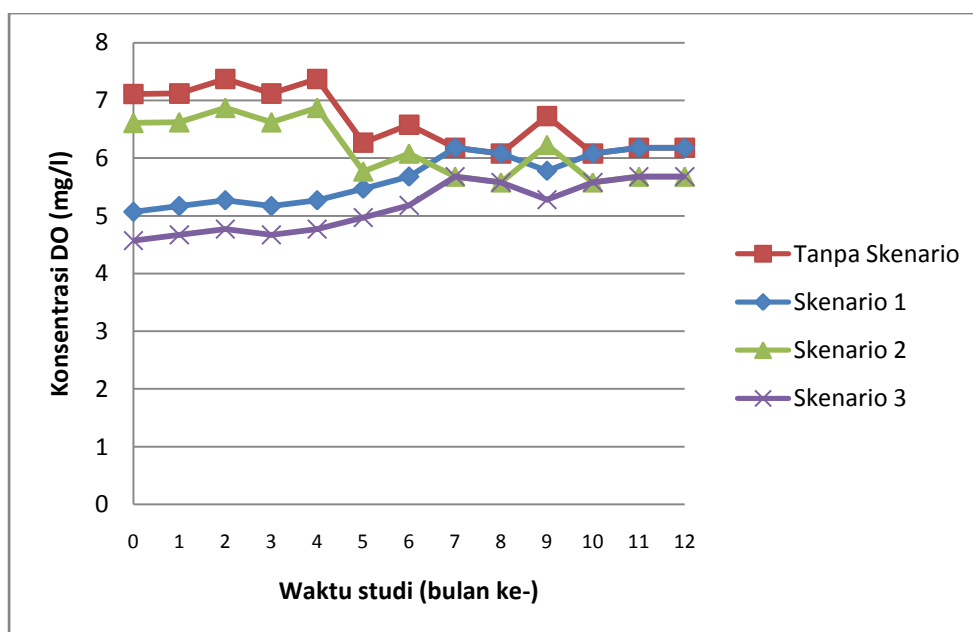
c. Hasil simulasi model dinamis DO sesuai skenario pada titik 3

Model dinamis DO telah disimulasikan sesuai dengan skenario yang dijelaskan pada subbab sebelumnya. Simulasi berdasarkan skenario

menggunakan model yang sama, namun konsentrasi beberapa parameter diubah sesuai dengan kriteria tiap skenario. Berikut hasil simulasi model dinamis DO pada titik 3 dapat dilihat pada Tabel 4.19 dan Gambar 4.31.

Tabel 4.19 Hasil Simulasi Model Dinamis DO dengan Skenario Titik 3

Bulan	Perbandingan Konsentrasi DO (mg/l)			
	Tanpa Skenario	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
0	7,11	5,07	6,61	4,57
1	7,12	5,17	6,62	4,67
2	7,37	5,27	6,87	4,77
3	7,12	5,17	6,62	4,67
4	7,37	5,27	6,87	4,77
5	6,27	5,47	5,77	4,97
6	6,58	5,68	6,08	5,18
7	6,18	6,18	5,68	5,68
8	6,08	6,08	5,58	5,58
9	6,73	5,78	6,23	5,28
10	6,08	6,08	5,58	5,58
11	6,18	6,18	5,68	5,68
12	6,18	6,18	5,68	5,68



Gambar 4.31 Grafik Perbandingan Konsentrasi DO di Titik 3

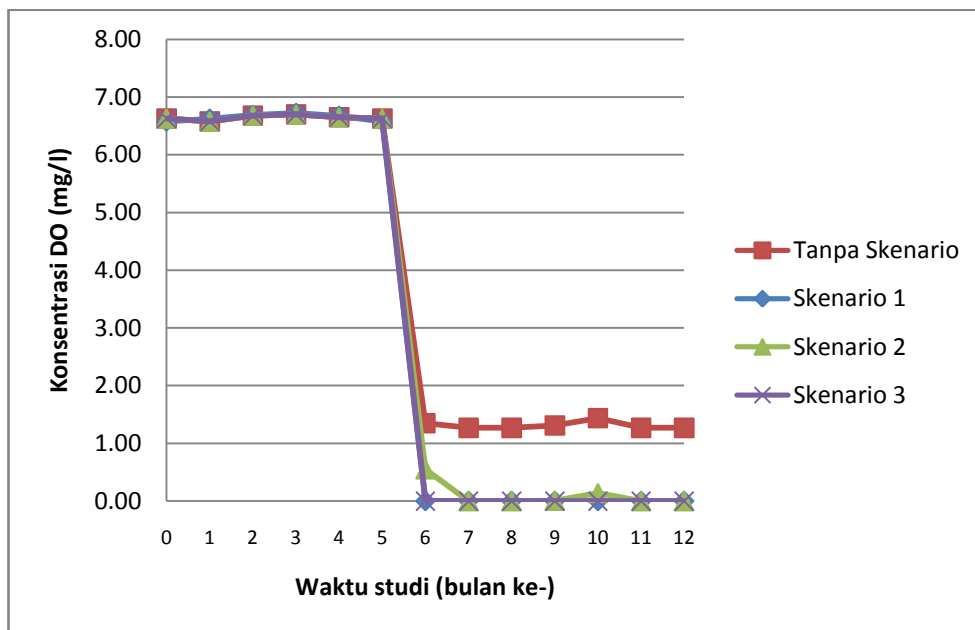
Berdasarkan hasil analisis di atas, diketahui bahwa konsentrasi DO mengalami penurunan dan peningkatan yang berbeda-beda. Simulasi juga memperlihatkan bahwa konsentrasi DO minimum yang dapat terjadi pada skenario 3 adalah 4,67 mg/l.

d. Hasil simulasi model dinamis DO sesuai skenario pada titik 4

Model dinamis DO telah disimulasikan sesuai dengan skenario yang dijelaskan pada subbab sebelumnya. Simulasi berdasarkan skenario menggunakan model yang sama, namun konsentrasi beberapa parameter diubah sesuai dengan kriteria tiap skenario. Berikut hasil simulasi model dinamis DO pada titik 4 dapat dilihat pada Tabel 4.20 dan Gambar 4.32.

Tabel 4.20 Hasil Simulasi Model Dinamis DO dengan Skenario Titik 4

Bulan	Perbandingan Konsentrasi DO (mg/l)			
	Tanpa Skenario	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
0	6,63	6,58	6,63	6,63
1	6,58	6,62	6,58	6,58
2	6,68	6,69	6,68	6,68
3	6,70	6,72	6,70	6,70
4	6,65	6,67	6,65	6,65
5	6,63	6,58	6,63	6,63
6	1,35	0,00	0,55	0,00
7	1,27	0,00	0,00	0,00
8	1,27	0,00	0,00	0,00
9	1,31	0,00	0,01	0,00
10	1,44	0,00	0,14	0,00
11	1,27	0,00	0,00	0,00
12	1,27	0,00	0,00	0,00



Gambar 4.32 Grafik Perbandingan Konsentrasi DO di Titik 4

Berdasarkan hasil analisis di atas, diketahui bahwa konsentrasi DO mengalami penurunan di bulan keenam pada seluruh skenario. Simulasi juga memperlihatkan bahwa konsentrasi DO minimum yang dapat terjadi pada skenario 1,2, dan 3 adalah 0 mg/l.

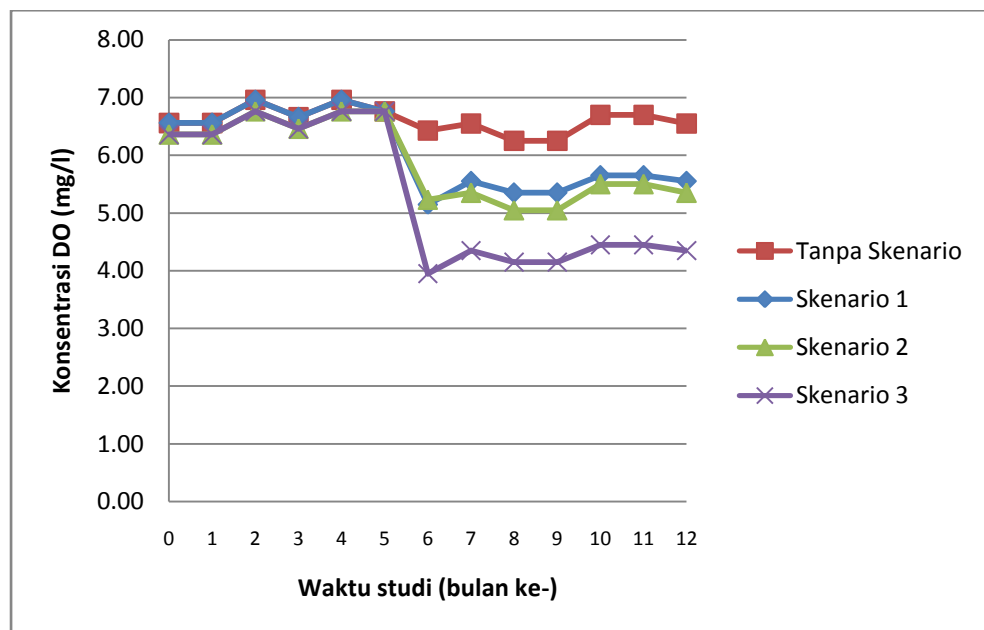
e. Hasil simulasi model dinamis DO sesuai skenario pada titik 5

Model dinamis DO telah disimulasikan sesuai dengan skenario yang dijelaskan pada subbab sebelumnya. Simulasi berdasarkan skenario menggunakan model yang sama, namun konsentrasi beberapa parameter diubah sesuai dengan kriteria tiap skenario. Berikut hasil simulasi model dinamis DO pada titik 5 dapat dilihat pada Tabel 4.21 dan Gambar 4.33.

Tabel 4.21 Hasil Simulasi Model Dinamis DO dengan Skenario Titik 5

Bulan	Perbandingan Konsentrasi DO (mg/l)			
	Tanpa Skenario	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
0	6,56	6,56	6,36	6,36
1	6,56	6,56	6,36	6,36
2	6,96	6,96	6,76	6,76

Bulan	Perbandingan Konsentrasi DO (mg/l)			
	Tanpa Skenario	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
3	6,66	6,66	6,46	6,46
4	6,96	6,96	6,76	6,76
5	6,76	6,76	6,76	6,76
6	6,43	5,15	5,23	3,95
7	6,55	5,55	5,35	4,35
8	6,25	5,35	5,05	4,15
9	6,25	5,35	5,05	4,15
10	6,70	5,65	5,50	4,45
11	6,70	5,65	5,50	4,45
12	6,55	5,55	5,35	4,35



Gambar 4.33 Grafik Perbandingan Konsentrasi DO di Titik 5

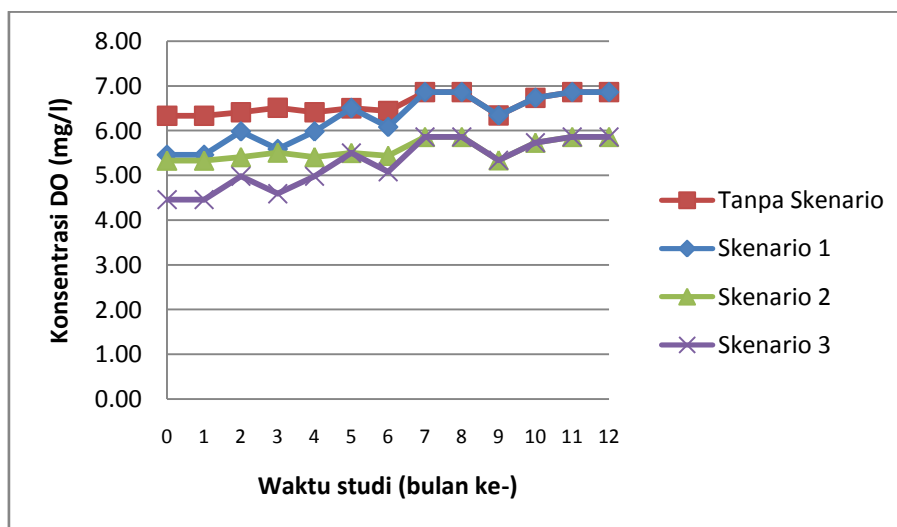
Berdasarkan hasil analisis di atas, diketahui bahwa konsentrasi DO mengalami penurunan di bulan keenam pada seluruh skenario. Simulasi juga memperlihatkan bahwa konsentrasi DO minimum yang dapat terjadi pada skenario 3 adalah 4,15 mg/l.

f. Hasil simulasi model dinamis DO sesuai skenario pada titik 6

Model dinamis DO telah disimulasikan sesuai dengan skenario yang dijelaskan pada subbab sebelumnya. Simulasi berdasarkan skenario menggunakan model yang sama, namun konsentrasi beberapa parameter diubah sesuai dengan kriteria tiap skenario. Berikut hasil simulasi model dinamis DO pada titik 6 dapat dilihat pada Tabel 4.22 dan Gambar 4.34.

Tabel 4.22 Hasil Simulasi Model Dinamis DO dengan Skenario Titik 6

Bulan	Perbandingan Konsentrasi DO (mg/l)			
	Tanpa Skenario	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
0	6,33	5,46	5,33	4,46
1	6,33	5,46	5,33	4,46
2	6,41	5,98	5,41	4,98
3	6,51	5,59	5,51	4,59
4	6,41	5,98	5,41	4,98
5	6,50	6,50	5,50	5,50
6	6,44	6,08	5,44	5,08
7	6,86	6,86	5,86	5,86
8	6,86	6,86	5,86	5,86
9	6,34	6,34	5,34	5,34
10	6,73	6,73	5,73	5,73
11	6,86	6,86	5,86	5,86
12	6,86	6,86	5,86	5,86



Gambar 4.34 Grafik Perbandingan Konsentrasi DO di Titik 6

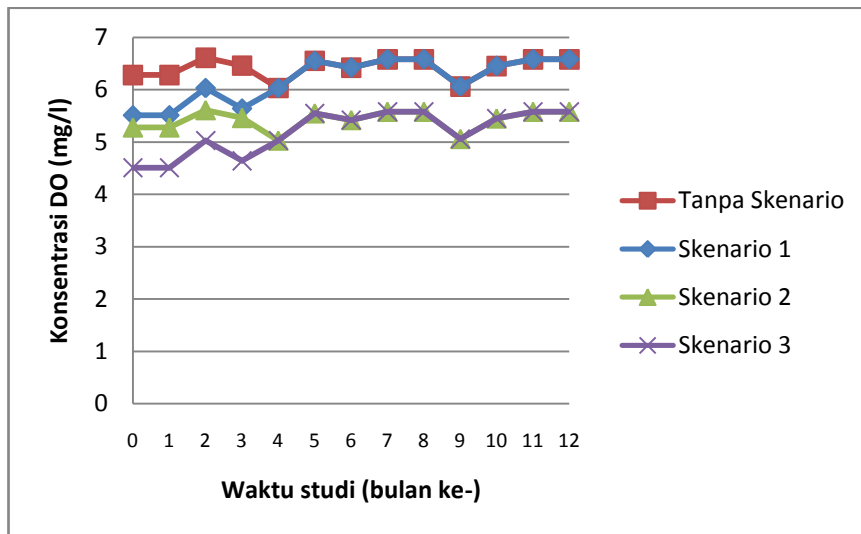
Berdasarkan hasil analisis di atas, diketahui bahwa konsentrasi DO mengalami penurunan dan peningkatan yang berbeda pada tiap skenario. Simulasi juga memperlihatkan bahwa konsentrasi DO minimum yang dapat terjadi pada skenario 3 adalah 4,46 mg/l.

g. Hasil simulasi model dinamis DO sesuai skenario pada titik 7

Model dinamis DO telah disimulasikan sesuai dengan skenario yang dijelaskan pada subbab sebelumnya. Simulasi berdasarkan skenario menggunakan model yang sama, namun konsentrasi beberapa parameter diubah sesuai dengan kriteria tiap skenario. Berikut hasil simulasi model dinamis DO pada titik 7 dapat dilihat pada Tabel 4.23 dan Gambar 4.35.

Tabel 4.23 Hasil Simulasi Model Dinamis DO dengan Skenario Titik 7

Bulan	Perbandingan Konsentrasi DO (mg/l)			
	Tanpa Skenario	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
0	6,28	5,51	5,28	4,51
1	6,28	5,51	5,28	4,51
2	6,61	6,03	5,61	5,03
3	6,46	5,64	5,46	4,64
4	6,03	6,03	5,03	5,03
5	6,55	6,55	5,55	5,55
6	6,42	6,42	5,42	5,42
7	6,58	6,58	5,58	5,58
8	6,58	6,58	5,58	5,58
9	6,06	6,06	5,06	5,06
10	6,45	6,45	5,45	5,45
11	6,58	6,58	5,58	5,58
12	6,58	6,58	5,58	5,58



Gambar 4.35 Grafik Perbandingan Konsentrasi DO di Titik 7

Berdasarkan hasil analisis di atas, diketahui bahwa konsentrasi DO mengalami penurunan dan peningkatan yang berbeda pada tiap skenario. Simulasi juga memperlihatkan bahwa konsentrasi DO minimum yang dapat terjadi pada skenario 3 adalah 4,51 mg/l.

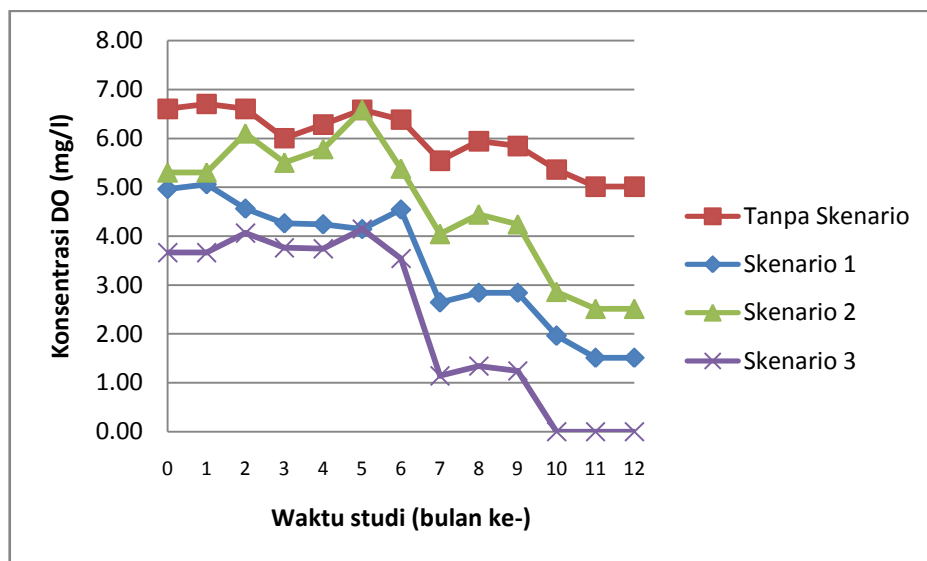
h. Hasil simulasi model dinamis DO sesuai skenario pada titik 8

Model dinamis DO telah disimulasikan sesuai dengan skenario yang dijelaskan pada subbab sebelumnya. Simulasi berdasarkan skenario menggunakan model yang sama, namun konsentrasi beberapa parameter diubah sesuai dengan kriteria tiap skenario. Berikut hasil simulasi model dinamis DO pada titik 8 dapat dilihat pada Tabel 4.24 dan Gambar 4.36.

Tabel 4.24 Hasil Simulasi Model Dinamis DO dengan Skenario Titik 8

Bulan	Perbandingan Konsentrasi DO (mg/l)			
	Tanpa Skenario	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
0	6,60	4,96	5,30	3,66
1	6,70	5,06	5,30	3,66
2	6,60	4,56	6,10	4,06
3	6,00	4,26	5,50	3,76
4	6,28	4,24	5,78	3,74
5	6,58	4,14	6,58	4,14

Bulan	Perbandingan Konsentrasi DO (mg/l)			
	Tanpa Skenario	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
6	6,38	4,54	5,38	3,54
7	5,54	2,64	4,04	1,14
8	5,94	2,84	4,44	1,34
9	5,84	2,84	4,24	1,24
10	5,36	1,96	2,86	0,00
11	5,01	1,51	2,51	0,00
12	5,01	1,51	2,51	0,00



Gambar 4.36 Grafik Perbandingan Konsentrasi DO di Titik 8

Berdasarkan hasil analisis di atas, diketahui bahwa konsentrasi DO mengalami penurunan dari bulan kelima hingga bulan kedua belas. Simulasi juga memperlihatkan bahwa konsentrasi DO minimum yang dapat terjadi pada skenario 3 adalah 0 mg/l.

Berdasarkan hasil simulasi pada semua titik, konsentrasi DO optimal dari hasil simulasi model dinamis berkisar antara 3,22 mg/l-4,96 mg/l. Hasil simulasi ini menunjukkan bahwa sungai dapat mempertahankan konsentrasi DO dengan aerasi atau produksi oksigen dari fotosintesis alga yang minimal, namun sungai tidak dapat mempertahankan konsentrasi DO pada musim kemarau bila terjadi reaerasi dan fotosintesis minimal secara bersamaan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN 1 DATA KUALITAS AIR YANG DIINPUT PADA MODEL DINAMIS DO

TITIK 1

Bulan ke-	K2	DO sat	DO terukur	Alga	K1	L	a5	B1	N1	a6	B2	N2	K4	H
0	1,000	8,600	7,600	1,000	0,039	2,950	3,420	1,357	0,118	1,140	1,732	0,046	1,000	1,500
1	1,500	8,600	7,600	1,900	0,039	8,000	3,420	1,357	0,450	1,140	1,732	0,102	1,000	1,500
2	2,000	8,600	7,500	1,800	0,039	8,000	3,420	1,357	0,450	1,140	1,732	0,102	1,000	1,500
3	2,000	8,600	7,500	1,850	0,039	8,000	3,420	1,350	0,450	1,140	1,732	0,102	1,000	1,500
4	2,000	8,600	7,500	1,950	0,039	8,000	3,420	1,357	0,450	1,140	1,732	0,102	1,000	1,500
5	1,800	8,600	7,500	2,100	0,039	8,000	3,420	1,357	0,450	1,140	1,732	0,102	1,000	1,500
6	2,000	8,400	7,350	2,050	0,039	8,000	3,420	1,357	0,450	1,140	1,732	0,102	1,000	1,500
7	1,900	8,400	7,350	6,900	0,039	10,500	3,420	1,357	1,360	1,140	1,732	0,720	1,000	1,500
8	2,100	8,400	7,350	6,800	0,039	10,500	3,420	1,357	1,360	1,140	1,732	0,720	1,000	1,500
9	1,900	8,400	7,350	6,950	0,039	10,500	3,420	1,357	1,360	1,140	1,732	0,720	1,000	1,500
10	1,300	8,400	5,300	3,450	0,039	10,500	3,420	1,357	1,360	1,140	1,732	0,720	1,000	1,500
11	1,300	8,400	5,300	3,420	0,039	10,500	3,420	1,357	1,360	1,140	1,732	0,720	1,000	1,500
12	1,300	8,400	5,300	3,500	0,039	10,500	3,420	1,357	1,360	1,140	1,732	0,720	1,000	1,500

TITIK 2

Bulan ke-	K2	DO sat	DO terukur	Alga	K1	L	a5	B1	N1	a6	B2	N2	K4	H
0	1,000	8,000	7,530	3,500	0,046	5,000	3,420	1,357	0,490	1,140	1,732	0,122	1,000	0,950
1	1,500	8,000	7,530	3,200	0,046	5,000	3,420	1,357	0,490	1,140	1,732	0,122	1,000	0,950
2	2,000	8,400	7,530	3,000	0,046	5,000	3,420	1,357	0,490	1,140	1,732	0,122	1,000	0,950
3	2,000	8,100	7,530	3,400	0,046	5,000	3,420	1,350	0,490	1,140	1,732	0,122	1,000	0,950
4	2,000	8,400	7,530	2,100	0,046	5,000	3,420	1,357	0,490	1,140	1,732	0,122	1,000	0,950
5	2,000	8,800	7,530	1,800	0,046	5,000	3,420	1,357	0,490	1,140	1,732	0,122	1,000	0,950
6	2,000	8,400	7,530	6,500	0,046	9,300	3,420	1,357	1,380	1,140	1,732	0,470	1,000	0,950
7	1,900	8,600	6,300	4,300	0,046	9,300	3,420	1,357	1,380	1,140	1,732	0,470	1,000	0,950
8	1,900	8,600	6,300	4,300	0,046	9,300	3,420	1,357	1,380	1,140	1,732	0,470	1,000	0,950
9	1,900	8,400	6,300	4,400	0,046	9,300	3,420	1,357	1,380	1,140	1,732	0,470	1,000	0,950
10	1,500	8,700	6,300	4,800	0,046	9,300	3,420	1,357	1,380	1,140	1,732	0,470	1,000	0,950
11	1,500	8,800	6,300	4,900	0,046	9,300	3,420	1,357	1,380	1,140	1,732	0,470	1,000	0,950
12	1,500	8,800	6,300	4,500	0,046	9,300	3,420	1,357	1,380	1,140	1,732	0,470	1,000	0,950

LAMPIRAN 1 DATA KUALITAS AIR YANG DIINPUT PADA MODEL DINAMIS DO

TITIK 3

Bulan ke-	K2	DO sat	DO terukur	Alga	K1	L	a5	B1	N1	a6	B2	N2	K4	H
0	2,700	8,500	7,300	1,000	0,034	3,000	3,420	0,621	0,260	1,140	0,991	0,123	3,000	0,950
1	2,500	8,300	7,000	1,000	0,034	3,000	3,420	0,621	0,260	1,140	0,991	0,123	3,000	0,950
2	2,500	8,400	7,000	1,000	0,034	3,000	3,420	0,621	0,260	1,140	0,991	0,123	3,000	0,950
3	2,500	8,300	7,000	1,000	0,034	3,000	3,420	0,621	0,260	1,140	0,991	0,123	3,000	0,950
4	2,500	8,400	7,000	1,000	0,034	3,000	3,420	0,621	0,260	1,140	0,991	0,123	3,000	0,950
5	1,500	8,600	7,000	1,000	0,034	3,000	3,420	0,621	0,260	1,140	0,991	0,123	3,000	0,950
6	1,500	8,100	6,300	1,000	0,034	20,400	3,420	0,621	0,045	1,140	0,991	0,000	3,000	0,950
7	1,000	8,600	6,300	1,000	0,034	20,400	3,420	0,621	0,045	1,140	0,991	0,000	3,000	0,950
8	1,000	8,500	6,300	1,000	0,034	20,400	3,420	0,621	0,045	1,140	0,991	0,000	3,000	0,950
9	1,500	8,200	6,300	1,000	0,034	20,400	3,420	0,621	0,045	1,140	0,991	0,000	3,000	0,950
10	1,000	8,500	6,300	1,000	0,034	20,400	3,420	0,621	0,045	1,140	0,991	0,000	3,000	0,950
11	1,000	8,600	6,300	1,000	0,034	20,400	3,420	0,621	0,045	1,140	0,991	0,000	3,000	0,950
12	1,000	8,600	6,300	1,000	0,034	20,400	3,420	0,621	0,045	1,140	0,991	0,000	3,000	0,950

TITIK 4

Bulan ke-	K2	DO sat	DO terukur	Alga	K1	L	a5	B1	N1	a6	B2	N2	K4	H
0	0,800	8,000	6,810	0,700	0,030	5,000	3,420	0,412	0,130	1,140	1,160	0,257	2,700	2,000
1	0,800	8,000	6,810	0,700	0,030	5,000	3,420	0,412	0,130	1,140	1,160	0,257	2,700	2,000
2	0,800	8,000	6,810	0,700	0,030	5,000	3,420	0,412	0,130	1,140	1,160	0,257	2,600	2,000
3	0,800	8,000	6,810	0,700	0,030	5,000	3,420	0,412	0,130	1,140	1,160	0,257	2,550	2,000
4	0,800	8,000	6,810	0,700	0,030	5,000	3,420	0,412	0,130	1,140	1,160	0,257	2,650	2,000
5	0,800	8,000	6,810	0,700	0,030	5,000	3,420	0,412	0,130	1,140	1,160	0,257	2,700	2,000
6	2,450	8,000	1,200	1,500	0,030	14,400	3,420	0,412	14,730	1,140	1,160	0,094	5,000	2,000
7	2,050	8,800	1,200	2,000	0,030	14,400	3,420	0,412	14,730	1,140	1,160	0,094	4,000	2,000
8	2,050	8,800	1,200	2,000	0,030	14,400	3,420	0,412	14,730	1,140	1,160	0,094	4,000	2,000
9	2,100	8,400	1,200	2,000	0,030	14,400	3,420	0,412	14,730	1,140	1,160	0,094	3,000	2,000
10	2,100	8,700	1,200	2,000	0,030	14,400	3,420	0,412	14,730	1,140	1,160	0,094	4,000	2,000
11	2,050	8,800	1,200	2,000	0,030	14,400	3,420	0,412	14,730	1,140	1,160	0,094	4,000	2,000
12	2,050	8,800	1,200	2,000	0,030	14,400	3,420	0,412	14,730	1,140	1,160	0,094	4,000	2,000

LAMPIRAN 1 DATA KUALITAS AIR YANG DIINPUT PADA MODEL DINAMIS DO

TITIK 5

Bulan ke-	K2	DO sat	DO terukur	Alga	K1	L	a5	B1	N1	a6	B2	N2	K4	H
0	1,000	8,000	6,270	1,000	0,026	4,000	3,420	1,117	0,450	1,140	0,503	0,302	1,000	0,850
1	1,000	8,000	6,270	1,000	0,026	4,000	3,420	1,117	0,450	1,140	0,503	0,302	1,000	0,850
2	1,000	8,400	6,270	1,000	0,026	4,000	3,420	1,117	0,450	1,140	0,503	0,302	1,000	0,850
3	1,000	8,100	6,270	1,000	0,026	4,000	3,420	1,117	0,450	1,140	0,503	0,302	1,000	0,850
4	1,000	8,400	6,270	1,000	0,026	4,000	3,420	1,117	0,450	1,140	0,503	0,302	1,000	0,850
5	1,000	8,400	6,270	0,800	0,026	4,000	3,420	1,117	0,450	1,140	0,503	0,302	1,000	0,850
6	1,800	8,200	6,600	2,000	0,026	9,900	3,420	1,117	0,120	1,140	0,503	0,048	4,000	0,850
7	1,500	8,600	6,600	2,000	0,026	9,900	3,420	1,117	0,120	1,140	0,503	0,048	4,000	0,850
8	1,500	8,400	6,600	2,000	0,026	9,900	3,420	1,117	0,120	1,140	0,503	0,048	4,000	0,850
9	1,500	8,400	6,600	2,000	0,026	9,900	3,420	1,117	0,120	1,140	0,503	0,048	4,000	0,850
10	1,500	8,700	6,600	2,000	0,026	9,900	3,420	1,117	0,120	1,140	0,503	0,048	4,000	0,850
11	1,500	8,700	6,600	2,000	0,026	9,900	3,420	1,117	0,120	1,140	0,503	0,048	4,000	0,850
12	1,500	8,600	6,600	2,000	0,026	9,900	3,420	1,117	0,120	1,140	0,503	0,048	4,000	0,850

TITIK 6

Bulan ke-	K2	DO sat	DO terukur	Alga	K1	L	a5	B1	N1	a6	B2	N2	K4	H
0	1,800	8,000	6,270	2,000	0,019	3,000	3,420	1,117	1,140	1,140	0,260	0,423	1,000	0,800
1	1,800	8,000	6,270	2,000	0,019	3,000	3,420	1,117	1,140	1,140	0,260	0,423	1,000	0,800
2	1,500	8,400	6,270	2,000	0,019	3,000	3,420	1,117	1,140	1,140	0,260	0,423	1,000	0,800
3	1,800	8,100	6,270	2,000	0,019	3,000	3,420	1,117	1,140	1,140	0,260	0,423	1,000	0,800
4	1,500	8,400	6,270	2,000	0,019	3,000	3,420	1,117	1,140	1,140	0,260	0,423	1,000	0,800
5	1,300	8,800	6,270	2,000	0,019	3,000	3,420	1,117	1,140	1,140	0,260	0,423	1,000	0,800
6	1,500	8,200	6,400	2,000	0,019	10,20	3,420	1,117	0,010	1,140	0,260	0,097	4,000	0,800
7	1,300	8,800	6,400	2,000	0,019	10,20	3,420	1,117	0,010	1,140	0,260	0,097	4,000	0,800
8	1,300	8,800	6,400	2,000	0,019	10,20	3,420	1,117	0,010	1,140	0,260	0,097	4,000	0,800
9	1,300	8,400	6,400	2,000	0,019	10,20	3,420	1,117	0,010	1,140	0,260	0,097	4,000	0,800
10	1,300	8,700	6,400	2,000	0,019	10,20	3,420	1,117	0,010	1,140	0,260	0,097	4,000	0,800
11	1,300	8,800	6,400	2,000	0,019	10,20	3,420	1,117	0,010	1,140	0,260	0,097	4,000	0,800
12	1,300	8,800	6,400	2,000	0,019	10,20	3,420	1,117	0,010	1,140	0,260	0,097	4,000	0,800

LAMPIRAN 1 DATA KUALITAS AIR YANG DIINPUT PADA MODEL DINAMIS DO

TITIK 7

Bulan ke-	K2	DO sat	DO terukur	Alga	K1	L	a5	B1	N1	a6	B2	N2	K4	H
0	1,800	8,000	6,450	2,000	0,024	5,000	3,420	0,156	0,350	1,140	0,727	0,244	4,000	0,800
1	1,800	8,000	6,450	2,000	0,024	5,000	3,420	0,156	0,350	1,140	0,727	0,244	4,000	0,800
2	1,600	8,400	6,450	2,000	0,024	5,000	3,420	0,156	0,350	1,140	0,727	0,244	4,000	0,800
3	1,800	8,100	6,450	2,000	0,024	5,000	3,420	0,156	0,350	1,140	0,727	0,244	4,000	0,800
4	1,300	8,400	6,450	2,000	0,024	5,000	3,420	0,156	0,350	1,140	0,727	0,244	4,000	0,800
5	1,300	8,800	6,450	2,000	0,024	5,000	3,420	0,156	0,350	1,140	0,727	0,244	4,000	0,800
6	1,300	8,200	6,000	2,000	0,024	12,000	3,420	0,156	0,120	1,140	0,727	0,105	4,000	0,800
7	1,300	8,800	6,000	2,000	0,024	12,000	3,420	0,156	0,120	1,140	0,727	0,105	4,500	0,800
8	1,300	8,800	6,000	2,000	0,024	12,000	3,420	0,156	0,120	1,140	0,727	0,105	4,500	0,800
9	1,300	8,400	6,000	2,000	0,024	12,000	3,420	0,156	0,120	1,140	0,727	0,105	4,500	0,800
10	1,300	8,700	6,000	2,000	0,024	12,000	3,420	0,156	0,120	1,140	0,727	0,105	4,500	0,800
11	1,300	8,800	6,000	2,000	0,024	12,000	3,420	0,156	0,120	1,140	0,727	0,105	4,500	0,800
12	1,300	8,800	6,000	2,000	0,024	12,000	3,420	0,156	0,120	1,140	0,727	0,105	4,500	0,800

TITIK 8

Bulan ke-	K2	DO sat	DO terukur	Alga	K1	L	a5	B1	N1	a6	B2	N2	K4	H
0	2,000	8,000	6,360	2,800	0,036	11,70	3,420	0,156	0,520	1,140	0,759	2,826	3,000	0,900
1	2,000	8,000	6,360	2,900	0,036	11,70	3,420	0,156	0,520	1,140	0,759	2,826	3,000	0,900
2	2,000	8,400	6,360	2,000	0,036	11,70	3,420	0,156	0,520	1,140	0,759	2,826	3,000	0,900
3	2,000	8,100	6,360	2,000	0,036	11,70	3,420	0,156	0,520	1,140	0,759	2,826	3,000	0,900
4	2,000	8,400	6,360	2,000	0,036	2,200	3,420	0,156	0,520	1,140	0,759	3,589	3,000	0,900
5	2,000	8,800	6,360	1,500	0,036	2,200	3,420	0,156	0,520	1,140	0,759	3,589	3,000	0,900
6	2,000	8,200	6,360	2,500	0,036	2,200	3,420	0,156	0,520	1,140	0,759	3,589	3,000	0,900
7	2,000	8,200	5,300	3,000	0,036	5,850	3,420	0,156	12,27	1,140	0,759	0,199	3,000	0,900
8	2,000	8,400	5,300	3,000	0,036	5,850	3,420	0,156	12,27	1,140	0,759	0,199	3,000	0,900
9	2,000	8,300	5,300	3,100	0,036	5,850	3,420	0,156	12,27	1,140	0,759	0,199	3,000	0,900
10	2,000	8,700	5,300	4,000	0,036	3,400	3,420	0,156	12,27	1,140	0,759	3,458	2,500	0,900
11	2,000	8,800	5,300	4,000	0,036	3,400	3,420	0,156	12,27	1,140	0,759	3,458	3,000	0,900
12	2,000	8,800	5,300	4,000	0,036	3,400	3,420	0,156	12,27	1,140	0,759	3,458	3,000	0,900

LAMPIRAN 1 DATA KUALITAS AIR YANG DIINPUT PADA MODEL DINAMIS DO

LAMPIRAN 2 DATA SEKUNDER

TITIK PANTAU	BRANTAS	LOKASI SAMPLING	LOKASI PANTAU BLH	2014-kemarau						2014-hujan						
				pH	T	DO	BOD	NO ₂	NH ₃	pH	T	DO	BOD	NO ₂	NH ₃	
1	Hulu	Jembatan Unmuh-Tlogomas	hulu brantas	8,2	23,7	7,6	4	0,017	0,091	8	24,4	7,5	2,95	0,046	0,118	
2	Brantas-Mewek	Jembatan keramik dinoyo	hulu mewek	7,6	21	7,2	3,75	0,017	0,065	9,1	24,3	8,2	4,05	0,04	0,444	
3	Tengah	Jembatan Suhat	tengah brantas	8,1	23,6	5,3	6,7	0,035	0,045	8,1	24,4	7,3	3,8	4,133	0,065	
4	Brantas-Kasin	Jembatan Oro2Dowo-Twmangu	hulu kasin	7,4	22	5,2	11,3	0,288	0,518	7,9	24,3	7,8	3,15	0,058	1,516	
5	Hilir-BBA	Jembatan Muharto I, Jl.Zainal Zakse	hilir Brantas	7,5	23,5	6	8,2	0,441	1,218	7,9	24,5	7,4	3,8	0,141	0,171	
TITIK PANTAU	BRANTAS	LOKASI SAMPLING	LOKASI PANTAU BLH	2014-kemarau						2014-hujan						L
				pH	T	DO	BOD	NO ₂	NH ₃	pH	T	DO	BOD	NO ₂	NH ₃	
6	Brantas-Bango-Ampron	RW 9 Kota Lama														12,5
7	Hilir+BBA	Jembatan Layang, Jl. Bumiayu	hulu trisungai	7,3	22	4,5	12,5	0,482	0,543	7,6	24,4	8	4	0,087	0,454	32,4
8	Hilir akhir	Jembatan Parseh Jaya, Bumiayu	hilir tri sungai	7,2	22	5,4	7,75	0,575	0,585	7,5	24,4	7,8	4,05	0,105	0,203	5,4

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan merupakan intisari hasil penelitian yang sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian tersebut. Kesimpulan yang dapat ditarik dari studi ini adalah:

- a. Konsentrasi DO sungai sebelum adanya pembuangan efluen IPAL pada semua titik sesuai bakumutu yaitu berkisar antara 4 mg/l- 8,2 mg/l yang mana konsentrasi DO pada musim kemarau lebih rendah dari musim penghujan karena konsentrasi zat pencemar lebih tinggi saat penurunan debit sungai pada musim kemarau.
- b. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa kualitas air mengalami penurunan pada musim kemarau di titik 1,2,3,4,7, dan 8 karena besarnya kandungan zat pencemar dalam air dan mengalami peningkatan di titik 5 dan 6 karena intensitas cahaya matahari lebih tinggi sehingga DO akibat proses fotosintesis alga menjadi lebih tinggi.
- c. Konsentrasi DO optimal dari hasil simulasi model dinamis berkisar antara 3,22 mg/l-4,96 mg/l, menunjukkan sungai dapat mempertahankan konsentrasi DO dengan aerasi atau produksi oksigen dari fotosintesis alga yang minimal dan sungai tidak dapat mempertahankan konsentrasi DO pada musim kemarau bila terjadi reaerasi dan fotosintesis minimal secara bersamaan.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian lanjutan model dinamis konsentrasi DO adalah:

- a. Perlu adanya penelitian yang lebih mendalam mengenai pengaruh hidrogeometri sungai terhadap kualitas badan air terutama konsentrasi DO.

- b. Penelitian selanjutnya dapat mensimulasikan model dengan data yang lebih banyak yaitu dengan melakukan pengambilan dan pengukuran data kualitas air pada setiap bulan selama satu tahun dan dengan membandingkan kualitas air pada waktu siang dan malam.
- c. Penelitian selanjutnya dapat menelaah kualitas badan air eksisting dengan melakukan uji laboratorium pada parameter yang tidak diukur secara langsung pada penelitian ini seperti *sediment oxygen demand* (SOD) dan produksi oksigen dari fotosintesis alga.
- d. Perlu adanya penelitian terhadap konsentrasi DO dengan debit air sungai minimal dan sedimentasi yang semakin besar dalam waktu ke waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Barus, T. A. 2004. Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Air Daratan. Medan: USU Press.
- BBWS Brantas. 2011. Profil Wilayah Sungai Brantas. Balai Besar Wilayah Sungai Brantas. <http://www.bbwsbrantas.com> (diakses pada tanggal 9 September 2015).
- BLH Kota Malang. 2011. Laporan Pemantauan Kualitas Air Sungai Brantas. Badan Lingkungan Hidup Kota Malang.
- Canale R.P., O. E. 1995. *The Validation of a Water Quality Model for the Seneca River New York. Water Resources Plan Management*, 241-250.
- Chapra, S. 1997. *Surface water-quality modeling*. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Chin, D. A. 2012. *Water-Quality Engineering in Natural Systems: Fate and Transport Processes*. Wiley and Sons Inc.
- Chinneck, J. W., 2013. *Practical Optimization: A Gentle Introduction, 1 st ed., System and Computer Engineering Carleton University, Ottawa*
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius : Yogyakarta
- Engineering Board of Review. 1989. *Report of the Engineering Board of Review for the Sanitary District of Chicago*.
- Haider, H. A. 2010. *Effect of Wastewater Treatment on Bio-kinetics of Dissolved Oxygen in River Ravi. Pak. J. Engg. & Appl Sci*, 42-51.
- Harsono, E. 2010. Pencirian Karbon Organik Air Sungai Citarum Hulu dari Masukan Air Limbah Penduduk dan Industri. *Jurnal Biologi Indonesia*, 277-288.
- Hatcher, K., 1980. *Sediment Component of Oxygen Demand in Streams. Institute of Natural Resources, University of Georgia, Athens, Georgia*.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup. 2003. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 110 Tahun: Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Pada Sumber Air.

- Keputusan Menteri Pekerjaan Umum. 2010. Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 268: Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Brantas.
- Lung, W. S. 1998. *Trends in BOD/ DO modeling for waste load allocations. Environmental Engineering*, 1004-1007.
- Mandal, S. 2012. *Dynamic modelling of dissolved oxygen in creek of Sagar Island, Hooghlay-Matla Estuarine system in West Bengal India. Applied Mathematical Modelling*, 36(12), 5952-5963.
- Martin, L. A., 1997. *Road Map 2: Beginner Modelling Excercise. MIT System Dynamics in Education Project*.
- Murty, I. K. G.. 2003. *Optimization Models For Decision Making*.
- O'Connor, D.J. & Dobbins, W.E., 1958, *Mechanism of reaeration in natural streams: American Society of Civil Engineers Proceedings, Transactions*, v. 123, Paper no. 2934, p. 641-684.
- Palmer, M. D. 2001. *Water Quality Modelling*. Washington DC: TheWorld Bank.
- Peraturan Gubernur Provinsi Jawa Timur. 2010. Peraturan Gubernur Provinsi Jawa Timur No. 61: Penetapan Kelas Air pada Air Sungai.
- Prasad, B. 2014. *Dynamic of Dissolved Oxygen in Relation to Saturatonand Health of Aquatic Body : A Case for Chilka Lagoon India. Journal ofEcosystem*.
- Ritmann, B.E. 2001. *Environmental Biotechnology*. California: McGraw-Hill.
- Schnoor, J. L. 1996. *Environmental Modelling : Fate and TransportPolutant in Water, Air and Soil*. Iowa City: A Wiley-IntersciencePublication.
- Tjitrosoepomo, Gembong. 2005. *Morfologi Tumbuhan*. Gadjah Mada University. Yogyakarta.
- Truax, D.D., Shindala, A., & Sartain, H. 1995. *Comparison of Two Sediment Oxygen Demand Measurement Techniques. Journal of Environmental Engineering* 121(9):619-624.
- Utley, B.C., Vellidis, G., Lowrance, R., & Smith, M. C. 2008. *Factors Affecting Sediment Oxygen Demand Dynamics In Blackwater Streams Of Georgia's Coastal Plain. Journal Of The American Water Resources Association*, 44-3.

- Venkiteswaran, J. J. 2007. *Dynamic of DO Isotopic Rasios : A TransientModel to Quantify Primary Productions, Respiration Community and Air-Water Exchange in Aquatic Ecosystem. Oecologia*, 385-398.
- Xiang, N. 2014. *Dynamic Modelling and Simulation of Water Environment Management With a Focus on Water Recycling. Water*, 17-31.
- Yee, L. T., Pusin, H. N., Nyanti, L., & Miod, M. C. 2011. *SedimentOxygen Demand of the Santubong River and Their Contributing Factors.International Journal of Applied Science and Technology*, 162-168.
- Ziadat, A.H. & Berdanier, B.W. 2004. *Stream Depth Significance During in-Situ Sediment Oxygen Demand Measurements in Shallow Streams. Journal of the American Water Resources Association* 40(3):631-638.

Halaman ini sengaja dikosongkan

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis dilahirkan di Banyuwangi, 6 Juni 1990, merupakan anak pertama (dari tiga bersaudara) dari pasangan Rahman Hakim dan Ustri Wijayati. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Darul Falah Banyuwangi, SDN 014 Tenggarong, SMP Negeri 1 Tenggarong, dan SMA Negeri 1 Tenggarong. Penulis lulus pada tahun 2008, lalu melanjutkan studi S1 di jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS Surabaya melalui jalur SNMPTN, dan terdaftar dengan NRP 3308100097.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di berbagai kegiatan seperti Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan ITS, Kepemanduan FTSP-ITS, BEM ITS, Keluarga Pelajar Mahasiswa Banyuwangi Surabaya, Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia, dan berbagai seminar dan workshop di bidang keprofesian Teknik Lingkungan. Pada tahun 2014 penulis melanjutkan studi S2 di Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS dengan mendapatkan beasiswa *Fresh Graduate*.

Halaman ini sengaja dikosongkan